This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

**Usage guidelines**

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

**About Google Book Search**

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

**Über dieses Buch**

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

**Nutzungsrichtlinien**

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

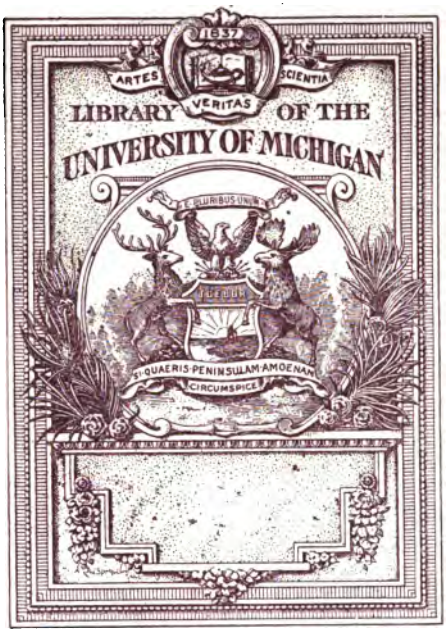
+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

**Über Google Buchsuche**

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.




THE GIFT OF
Prof. Alex. Ziwet.

1674

Alexander Zeiler

QC
185
.W14

Ueber

8364

# die Diffusion der Gase.

---

**Inaugural-Dissertation**

zur

**Erlangung der Doctorwürde,**

von der

**philosophischen Facultät**

der

**Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin**

genehmigt

und

zugleich mit den Thesen öffentlich zu vertheidigen

**am Sonnabend, den 1. Juli 1882**

von

**Karl Waitz**
aus Marburg.

---

**Opponenten:**

**K. Schotten**, Dr. phil.
**A. Zeller**, Dr. med.
**A. König**, Dr. phil.

---

Berlin, 1882.
A. W. Schade's Buchdruckerei (L. Schade),
Stallschreiberstrasse 45/46.

Gift of
Prof. A. Ziwet
Sept, 13 1906

Für die kinetische Gastheorie ist die Untersuchung der freien Diffusion kaum weniger wichtig als die Beobachtung der innern Reibung der Gase, während aber diese Frage sehr eingehend studirt worden ist liegen über jene nur wenige Arbeiten vor. Loschmidt[1]) war der erste, der genaue Versuche über die Diffusion von Gasen ohne poröse Scheidewände anstellte und die Diffusionscoëfficienten für viele Gasarten bestimmte, ihm folgten Wretschko[2]) und Benigar[3]), und in neuester Zeit hat von Obermayer[4]) die Abhängigkeit der Diffusionscoëfficienten von der Temperatur zu bestimmen gesucht. Die von allen genannten Autoren angewandte Methode war kurz folgende: Die zwei Hälften eines oben und unten geschlossenen, vertical gestellten Rohres konnten durch einen Schieber oder Hahn von einander abgesperrt werden, jede der Rohrhälften wurde mit einem Gase gefüllt, der Schieber weggezogen und nach einer beobachteten Zeit wieder vorgeschoben. Die chemische Untersuchung des Gasgemisches in den zwei Rohrhälften ergab die Zusammensetzung des Gemisches und daraus den Diffusionscoëfficienten der einzelnen Gase. Es leuchtet ein, dass dies Verfahren nur einen mittleren Werth des gesuchten Coëfficienten liefern konnte. Deshalb dürfte es nicht uninteressant sein zu untersuchen, ob sich nicht die stetige Aenderung in der Zusammensetzung eines Gasgemisches an ein und der-

[1]) Sitzungsberichte der Wiener Akademie 1870, Bd. 61, S. 367; Bd. 62, S. 468.

[2]) Sitzungsberichte der Wiener Akademie 1870, Bd. 62, S. 575.

[3]) Sitzungsberichte der Wiener Akademie 1870, Bd. 62, S. 687.

[4]) Sitzungsberichte der Wiener Akademie 1880, Bd. 81, S. 1102.



170816

selben Stelle des Diffusionsgefässes verfolgen und sich so bestimmen lasse, ob, eventuell wie, sich der Diffusionscoëfficient an der betreffenden Stelle ändere. Besonders wünschenswerth erschien es aber, den Coëfficienten ohne Störung des Diffusionsvorgangs an verschiedenen Stellen des Gefässes zu bestimmen, da solche Versuche ein weiteres Kriterium für die Anwendbarkeit der Maxwell'schen Hypothese abgeben konnten, nach der die Gasmolekeln einander mit einer Kraft abstossen sollen, welche umgekehrt proportional der fünften Potenz ihrer Entfernung wirkt. Boltzmann[1]) hat nämlich hervorgehoben, dass nach dieser Hypothese der Diffusionscoëfficient constant sein muss, während andere Wirkungsgesetze für die Kräfte, welche die Gasmolekeln auf einander ausüben, dies nicht immer verlangen; so ist z. B. nach der von O. E. Meyer[2]) gegebenen Formel der Diffusionscoëfficient von dem augenblicklichen Mischungsverhältniss der zwei Gase abhängig und ändert sich also mit dem Ort im Diffusionsgefäss. Schon Maxwell[3]) selbst hat übrigens bei der Berechnung von Graham's Beobachtungen bemerkt, dass Diffusionsversuche, die 10 Stunden dauerten, alle kleinere Werthe des Diffusionscoëfficienten lieferten, als solche, die nur 4 Stunden währten.

Die nachstehenden Beobachtungen werden nun in der That eine Abnahme des Coëfficienten mit der Zeit bis zu einem gewissen Grenzwerth zeigen und es wird sich ferner ergeben, dass der Coëfficient auch verschiedene Werthe erhält, wenn man zu seiner Berechnung Beobachtungen verwendet, die an verschiedenen Stellen des Diffusionsgefässes angestellt sind.

## Methode.

Wollte man die Diffusion der Gase in dem Gefäss nicht stören und doch in einem bestimmten Querschnitt desselben die Aenderung des Mischungsverhältnisses verfolgen, so lag es nahe zu dieser Bestimmung optische Hülfsmittel zu verwenden, wie das bei der Diffusion tropfbarer Flüssigkeiten schon öfters

---

[1]) Sitzungsberichte der Wiener Akademie 1872, Bd. 66, S. 325.
[2]) Kinetische Theorie der Gase. Breslau 1877, S. 173 u. 331.
[3]) Philosophical magazine IV, Bd. 35, S. 199.

geschehen ist. Gegen die Anwendung von optischen Methoden bei der Untersuchung der Diffusion der Flüssigkeiten sind aber in neuerer Zeit von Stefan[1]) begründete Einwendungen erhoben worden, die auf der von früheren Beobachtern übersehenen Thatsache beruhen, dass ein horizontaler Lichtstrahl, der auf eine von einer verticalen Wand begrenzte Flüssigkeit fällt, sich in dieser nicht mehr in horizontaler Richtung fortpflanzt, wenn die Flüssigkeit im Zustand der Diffusion, also im Zustand einer von unten nach oben continuirlich abnehmenden Dichte sich befindet. Die Ablenkung, welche ein solcher Lichtstrahl im Diffusionsgefäss von seiner ursprünglichen Richtung erleidet, hat Stefan direct durch Versuche für tropfbare Flüssigkeiten nachgewiesen und zugleich beobachtet, dass Gegenstände, die er mit einem Fernrohr durch die diffundirenden Flüssigkeiten hindurch betrachtete, im Verlauf der Diffusion undeutlich wurden und es nöthig war das Fernrohr weiter heraus oder hinein zu schieben, um die Objecte wieder scharf zu sehen. Bei ähnlichen Versuchen nun, wie sie Stefan angestellt hat, war jene Ablenkung für die so sehr viel schwächer als tropfbare Flüssigkeiten brechenden Gase gar nicht und das Undeutlichwerden nur dann zu beobachten, wenn die Mischung der zwei Gase, durch einen kleinen Ueberdruck auf der Seite des einen begünstigt, in stürmischer Weise stattfand, nicht aber wenn, wie bei den folgenden Versuchen, die Diffusion vergleichsweise langsam und ruhig geschah. Desshalb darf wohl das nachstehende Beobachtungsverfahren als frei von den Bedenken angesehen werden, die von Stefan gegenüber andern optischen Methoden und für tropfbare Flüssigkeiten erhoben worden sind.

Es wurden zu unserer Untersuchung die Interferenzerscheinungen an dicken Glasplatten benutzt, die Jamin in seinem Interferenzialrefractor verwendet und deren wesentliche Eigenschaften Ketteler[2]) entwickelt hat.

Fällt von der Lichtquelle $L$ (Fig. 1) ein Strahl $Lb$ auf die erste der zwei Glasplatten, so wird er, wenn wir stets nur die Theile berücksichtigen, deren Intensität am grössten ist, in die

---

[1]) Sitzungsberichte der Wiener Akademie 1878, Bd. 78, S. 957.

[2]) Beobachtungen über die Farbenzerstreuung der Gase. Bonn 1865.

zwei Strahlen $bc$ und $bd$ zerlegt. Der eine von diesen durchläuft den Weg $bcef$, der andere den im Allgemeinen verschieden langen Weg $bdgf$; beide Strahlen kommen zur Interferenz und geben mit andern ähnlichen ein System von Interferenzstreifen, das leicht zu beobachten ist. Die Phasendifferenz der zwei genannten Strahlen hängt von der Dicke, der Neigung, dem Brechungsexponenten der Platten und von dem Einfallswinkel des Strahles $Lb$ ab. Ebenso aber wie durch Aenderung der bezeichneten Grössen kann die Phasendifferenz für die zwei Strahlen dadurch verändert werden, dass man zwischen $bd$ ein anderes Medium bringt als zwischen $ef$. Lässt man z. B. den einen der zwei Strahlen durch das Gefäss gehen, in dem die Diffusion der Gase stattfinden soll, während der andere durch eine Röhre tritt, in der Gas von unveränderter Zusammensetzung sich befindet, so wird bei stattfindender Mischung der Gase in dem Diffusionsgefäss die Phasendifferenz der interferirenden Strahlen continuirlich geändert, die Interferenzstreifen werden sich in Bewegung zu setzen beginnen und die Zahl derselben, welche man in bestimmter Zeit durch das Gesichtsfeld gehen sieht, kann ein Maass für die Aenderung in der Zusammensetzung des Gasgemisches abgeben. Wird vor Beginn des Versuches das Diffusionsgefäss, von der Länge $L_1$, und die Vergleichsröhre, von der Länge $L_2$, mit demselben Gase gefüllt, dessen Brechungsexponent für die angewandte Lichtart $n_1$ sei, so werden die zwei Strahlenbündel beim Durchlaufen der Wege $L_1$ und $L_2$ einen Gangunterschied $S_1$ erhalten:

$$S_1 = L_2 n_1 - L_1 n_1.$$

Aendert sich dann allmählich das Brechungsverhältniss im Diffusionsgefäss auf $n$, so wird der Gangunterschied der zwei Strahlenbündel nun sein:

$$S = L_2 n_1 - L_1 n,$$

folglich

$$S - S_1 = L_1 (n_1 - n),$$

und ist $\lambda$ die Wellenlänge unserer Lichtart für den leeren Raum, $A$ die Anzahl der durch das Gesichtsfeld gegangenen Interferenzstreifen, so wird:

$$S - S_1 = A\lambda,$$

folglich

$$1) \quad \frac{A\lambda}{L_1} = n_1 - n,$$

und analog bei Aenderung von $n_1$ auf $n_0$, und $A$ auf $A_0$:

$$2) \quad \frac{A_0 \lambda}{L_1} = n_1 - n_0.$$

Diese Gleichungen behalten auch noch Gültigkeit, wenn man in die Vergleichsröhre ein anderes Gas von constant bleibender Zusammensetzung bringt als in das Diffusionsgefäss. Dann erhalten $S_1$ und $S$ andere Werthe, aber ihre Differenz bleibt dieselbe. Zur Controle wurde bei den folgenden Versuchen manchmal das Vergleichsrohr mit anderen Gasen als das Hauptgefäss gefüllt, es änderte sich dann in der That das Resultat nicht.

Für ein Gemenge von Gasen, die chemisch nicht auf einander wirken, gilt bei constantem Druck und Temperatur der Satz:

$$\frac{(n-1)g}{d} = \frac{(n_0-1)g_0}{d_0} + \frac{(n_1-1)g_1}{d_1} + \ldots$$

wo $n$, $g$, $d$ Brechungsexponent, Gewicht und Dichtigkeit der Mischung und dieselben Buchstaben mit Indices die gleichnamigen Grössen für die einzelnen Bestandtheile bezeichnen. Betrachten wir speciell die Mischung von zwei Gasen, die unter constantem Druck und bei constanter Temperatur vor sich geht und deren eines (dem der Index 1 zugehört) anfänglich allein in dem Mischungsgefäss vorhanden war, und beziehen wir die letzte Gleichung auf den Querschnitt unseres Diffusionsgefässes, durch den das eine der zwei interferirenden Strahlenbündel tritt, so erhalten wir:

$$(n-1)Z = (n_0-1)Z_0 + (n_1-1)Z_1,$$

wo $Z$ die Anzahl aller in dem Querschnitt befindlichen Gastheilchen, $Z_1$ und $Z_0$ die Zahl der Theilchen erster und zweiter Art bezeichnet. Setzen wir $x$ statt $Z_1$, so ist

$$Z_0 = Z - x,$$

folglich

$$n-1 = (n_0-1)\frac{Z-x}{Z} + (n_1-1)\frac{x}{Z}$$

oder

$$\frac{x}{Z} = \frac{n-n_0}{n_1-n_0},$$

und führen wir hier die Werthe von $n$ und $n_1-n_0$ aus 1) und 2) ein, folglich:

$$3) \quad \frac{x}{Z} = \frac{A_0-A}{A_0},$$

d. h. die Zahl der in dem betrachteten Querschnitt noch enthaltenen Theilchen erster Art ist, als Bruchtheil der Gesammtzahl aller in dem Querschnitt befindlichen Theilchen, durch Gleichung 3) gegeben.

$A_0$ bezeichnet hier die Anzahl der Interferenzstreifen, die durch das Gesichtsfeld passiren, wenn das erste Gas allmählich völlig durch das zweite ersetzt wird. Da während der Versuche der Gesammtdruck in dem Diffusionsgefäss sich nicht änderte, kann man in 3) statt $\frac{x}{Z}$ auch $\frac{p}{p_0}$ setzen, wo $p_0$ der in dem Gefäss herrschende Gesammtdruck und $p$ der Partialdruck des anfänglich allein in dem Gefäss vorhandenen Gases zu der Zeit ist, zu welcher $A$ Interferenzstreifen durch das Gesichtsfeld gegangen sind. Es ist somit:

$$4) \quad \frac{p}{p_0} = \frac{A_0 - A}{A_0}.$$

## Apparat und Einstellung.

Um die auseinandergesetzte Methode anwenden zu können, mussten dem Gefäss, in dem sich die Gase mischen sollten, erhebliche Dimensionen gegeben werden. Denn nach Gleichung 2) ist die Anzahl der Interferenzstreifen, die überhaupt während des ganzen Diffusionsvorganges durch das Gesichtsfeld passiren, der Länge des Gefässes proportional, und unter gleichen Umständen wird die Empfindlichkeit des Verfahrens und die Genauigkeit der Beobachtungen mit $A_0$ zunehmen. Allzuweit getriebene Vergrösserung des Diffusionsgefässes aber würde die Versuche zu sehr dem Einfluss der, kaum ganz zu vermeidenden, Strömungen in der Gasmasse ausgesetzt haben. Ebenso wie demnach die eine Horizontaldimension, sollte auch die Verticaldimension des Gefässes beträchtlich sein, denn es lag im Plane der Untersuchung, in verschiedenen Querschnitten die Zusammensetzung des Gasgemisches während der Diffusion zu beobachten. Weil es bei der so gebotenen Ausdehnung von etwa $^1/_2{}^m$ in den zwei angegebenen Richtungen sehr schwer gewesen wäre, ein Gefäss herzustellen, dessen zwei Hälften durch einen gasdichten Schieber oder dgl. von einander abgesperrt und nach Wegziehen des Schiebers in Verbindung gesetzt werden konnten, ohne dass in der Wand des Gefässes eine für Gase durchlässige

Oeffnung bliebe, so musste die ursprüngliche Absicht, gleiche Volumina zweier Gase in einander diffundiren zu lassen, ganz aufgegeben werden. Man beschränkte sich desshalb darauf die Diffusion eines von Luft verschiedenen Gases gegen diese zu untersuchen, indem man ein mit dem Gase gefülltes Gefäss öffnete und seinen Inhalt sich mit der umgebenden Luft mischen liess. Einen erheblichen Vortheil bot diese Anordnung dar, bei ihr fand natürlich die Diffusion sehr viel schneller statt als bei Anwendung kleiner fest begrenzter Gasvolumina, und die Versuche, die man jetzt nach längstens $1^1/_2$ Stunde abbrechen konnte, waren dadurch sehr viel unabhängiger von allmählichen Temperaturänderungen des Beobachtungslocals, als es bei langsamer Gasmischung der Fall gewesen wäre.

Das Diffusionsgefäss bestand hiernach aus einem rechteckigen oben offenen Kasten (Fig. 2) von circa 0,6 mm starkem Eisenblech, der im Mittel eine Tiefe von 50,3 cm, eine Länge von 50,3 cm und eine Breite von 7,1 cm hatte. Auf die eine breite Aussenseite des Kastens waren drei rechteckige, vorn und hinten offene, Röhren (1, 2, 3 in der Fig.) von Eisenblech aufgelöthet, die möglichst gleiche Länge mit dem Kasten hatten. Neben den Oeffnungen dieser Röhren waren auf den schmalen verticalen Seiten in die Kastenwand Fenster eingeschnitten, die nebst den Mündungen der drei Röhren durch planparallele Glasplatten luftdicht verschlossen wurden. Die Höhe resp. Breite der Fenster und ebenso des rechteckigen Querschnittes der drei Röhren betrug etwa 2 cm resp. 3 cm, und der Abstand der Mitten der drei Fensterpaare von der oberen Mündung des Kastens war ungefähr 10 cm, 20 cm und 35 cm. Auf jede der Röhren waren zwei gut schliessende Messinghähne aufgesetzt, durch die man Gas aus- und eintreten lassen konnte; auch am Boden des Kastens war ein solcher Hahn angebracht. Um die obere Mündung des Kastens lief eine Galerie von etwa 2 cm Breite und Tiefe, die theilweise mit Quecksilber gefüllt war; in das Quecksilber tauchten die umgebogenen, an den Kanten fest zusammengenieteten, Ränder eines starken kupfernen Deckels (wie es Fig. 3 im Querschnitt darstellt), der an den Rändern amalgamirt bei nicht zu grossem Ueberdruck (und ein solcher fand überhaupt bei den Versuchen nicht statt) den Kasten luftdicht nach oben abschloss und in seiner Mitte einen

aufgelötheten Messinghahn trug. Der ganze Kasten ruhte auf zwei starken, etwa 2 Meter langen, Holzleisten, die (in der Figur weggelassen) unter den langen Seiten der Galerie, mit ihr fest verbunden, herliefen, und deren Enden angeschraubt waren an die Wände eines starken, weiten, den Eisenblechkasten ganz umgebenden, oben offenen Holzkastens, welch' letzterer wieder von zwei Holzleisten getragen auf festen Tischen lag. Dieser Holzkasten sollte ursprünglich Wasser aufnehmen, um in dem Diffusionsgefäss die Temperatur constant zu erhalten, da aber die Temperatur des Wassers nie ganz dieselbe war wie die der äusseren in das Gefäss diffundirenden Luft, so musste dies Vorhaben aufgegeben werden. Trotzdem wurde der Holzkasten beibehalten, da sich in ihm verhältnissmässig bequem das Diffusionsgefäss feststellen und verschieben liess. Natürlich hatte diese Holzumhüllung, z. B. den Fenstern des Eisenblechkastens gegenüber, die für die Beobachtungen nöthigen Ausschnitte.

Die Interferenzplatten waren aus der Werkstätte von Steinheil in München, $3^{cm}$ dick, $6^{cm}$ lang, $4^{cm}$ hoch und von vorzüglicher Güte. Jede von ihnen war in ein kleines Stativ eingesetzt, das auf 3 Fussschrauben ruhte und sich um eine verticale Axe drehen liess, so dass den Platten jede beliebige Stellung gegeben werden konnte. An dem einen Stativ befand sich noch eine Mikrometerschraube, die ganz kleine Drehungen um die verticale Axe auszuführen erlaubte. Die Interferenzstreifen wurden durch ein kleines, etwa achtmal vergrösserndes Fernrohr beobachtet, das mit einem Fadenkreuz versehen war. Bei vielen Versuchen wurde zwischen die zweite Glasplatte und das Fernrohr eine, die Erscheinung vergrössernde, Linse eingeschaltet.

Als Lichtquelle diente ein Bunsenbrenner, in dessen Flamme kleine Platintrichter mit geschmolzenem Kochsalz geschoben wurden, so dass während zweier Stunden ein ruhiges, intensives Natriumlicht hergestellt war, an dem nichts geändert zu werden brauchte. Gegen die Strahlen der Flamme wurden alle Apparate mit Holz- und Pappschirmen geschützt, nur zwischen die erste Glasplatte und die Flamme war ein Wasserschirm von etwa $5^{cm}$ Dicke gesetzt. Der Abstand des Brenners von den Glasplatten und dem Diffusionsgefäss betrug

$1^1/_2$ bis $2^m$. Die zwei Interferenzplatten waren ungefähr $1^1/_2{}^m$ von einander entfernt, und der Beobachter am Fernrohr sass in $3^m$ Abstand von dem Kasten. Um den Deckel des Kastens abheben zu können, während der Beobachter durch das Fernrohr sah, diente eine eiserne Gabel, die an einer starken hölzernen, über $3^m$ langen Stange befestigt war. Diese Stange bildete einen Hebel, dessen horizontale Drehaxe an einem verticalen, hölzernen, auf drei Füssen fest im Erdboden ruhenden Gestell sich befand. Die eiserne Gabel des Hebels griff in zwei am Deckel des Kastens angebrachte eiserne Hacken ein, an denen der Deckel in die Höhe gehoben werden konnte. Der Hebelarm, an dessen Ende der Beobachter sass, wurde durch passende Gewichte stets so belastet, dass dieselben der Adhäsion des Quecksilbers (in der Galerie) an dem kupfernen Deckel fast das Gleichgewicht hielten und es nur eines kleinen Drucks mit der Hand bedurfte, um den Hebel ohne jede Erschütterung des Kastens aufzuheben. Dann glitt der niedergedrückte Hebelarm an einer Führung völlig herab und wurde am Erdboden durch einen Hacken so festgehalten, dass der Deckel während des ganzen Versuchs etwa $^3/_4{}^m$ über dem Kasten in einer Stellung schwebte, aus der etwa an dem Kupfer haftende Quecksilbertropfen nicht mehr in den Kasten fallen konnten. Um eine momentane Verdünnung des eingeschlossenen Gases während der Abnahme des Deckels zu vermeiden, die dadurch hätte entstehen können, dass der schon ein wenig aufgehobene Deckel noch in Quecksilber tauchte, wurde kurz vor Beginn jedes Versuches, während das Gas noch durch den Apparat strich, soviel Quecksilber aus der Galerie abgelassen, dass das zurückbleibende gerade noch an dem Kupfer adhärirte, der Deckel aber nicht mehr tiefer eintauchte. Es gelang so, das beim Abheben des Deckels nie ganz zu vermeidende Hin- und Herschwanken der Interferenzstreifen sehr gering und kurz dauernd zu machen.

Die Beobachtungen wurden in einem geräumigen Keller angestellt, dessen Temperatur sich nur sehr langsam änderte, sie erstrecken sich bloss auf die Diffusion von Kohlensäure gegen Luft. Man stellte die Kohlensäure aus Marmor und verdünnter Salzsäure dar, indem man die Säure aus einer höher stehenden in der Nähe ihres Bodens tubulirten Klärflasche durch

einen Kautschuckschlauch und den unteren Tubulus einer zweiten Klärflasche zu dem Marmor gelangen liess, der die letztere halb füllte. Die Kohlensäure ging durch eine Lösung von doppelt kohlensaurem Natron, über Chlorcalcium, über mit Schwefelsäure getränkten Bimsstein und durch mehrere mit concentrirter Schwefelsäure gefüllte Flaschen und trat durch den unteren Hahn in das Diffusionsgefäss ein. Von dem im Deckel befindlichen Hahn aus gelangte sie dann in's Freie. Die Klärflaschen waren so gross, dass fast 24 Stunden hindurch die Kohlensäure in lebhaftem, ununterbrochenem Strome durch den Apparat geleitet werden konnte. Die Füllung des Kastens wurde erst als beendigt angesehen, wenn das aus ihm austretende Gas fast völlig von Kalilauge absorbirt wurde, so dass von ungefähr 100 grossen Gasblasen nur etwa ein Bläschen von der Grösse eines Stecknadelknopfes unverschluckt blieb.

Ehe man die Versuche begann, wurde das Diffusionsgefäss mit Hülfe eines Senkels und des Quecksilbers in der Galerie vertical gestellt und die Glasplatten so gerichtet, dass die Interferenzstreifen deutlich sichtbar wurden und eines der zwei interferirenden Strahlenbündel durch den Kasten, das andere durch die anliegende Vergleichsröhre trat. Um dann zu erreichen, dass das durch den Kasten gehende Strahlenbündel horizontal durch ihn hindurchtrat, d. h. dass es in gleichem Abstand von der Mündung in den Kasten ein- und aus ihm austrat, wurde das zur Beobachtung benutzte Fensterpaar bis auf einen von der Mündung in gemessenem Abstande befindlichen, horizontalen Spalt von 2 bis 3$^{mm}$ Breite mit Papierstreifen zugeklebt. Dann waren bei passender Stellung der Flamme und der Glasplatten trotz der kleinen Oeffnung noch eine geringe Zahl von Interferenzstreifen deutlich sichtbar. Vor den zwei einander gegenüberliegenden Spalten wurden in genau gemessenem, gleichem Abstand von der Mündung des Kastens zwei horizontale Fäden aufgespannt, die als schwarze Striche vor den Interferenzstreifen sichtbar waren und das Fernrohr schliesslich so gehoben oder gesenkt, dass die zwei Fäden einander deckten und der Schnittpunkt des Fadenkreuzes auf sie fiel. Man übersah mit dem Fernrohr nur kleine Theile von etwa 6 bis 7 hellen und dunkeln Interferenzstreifen und stellte von vornherein die Glasplatten so, dass diese kurzen Stücke der Streifen horizontal liefen, dann

bedurfte es, nach der erwähnten Einstellung auf die Fäden, höchstens einer ganz kleinen Drehung an einer der Stellschrauben der zweiten Glasplatte, um den Schnittpunkt des Fadenkreuzes auf die scharfe Grenze zwischen einem hellen und dunkeln Streifen einzustellen. Zur Controle endlich, ob das Strahlenbündel nicht schräg, sondern parallel der breiten Seitenwand durch den Kasten hindurchtrat, wurde vertical an dieser Seitenwand hinab in den Kasten ein Lineal geschoben, dessen Breite etwa das halbe Fenster und dadurch auch einen Theil der Interferenzerscheinung verdeckte. Mit der Grenze des noch sichtbaren und des zugedeckten Theils der Streifen musste nun der Fadenkreuzschnittpunkt des um eine verticale Axe drehbaren Fernrohrs zusammenfallen, mochte das Lineal sich unmittelbar vor dem Fenster befinden, durch das die Strahlen ein-, oder durch welches sie austraten. Durch kleine Verschiebungen des Kastens wurde dieses bald erreicht. Der Abstand der den Kasten passirenden Strahlen von der Seitenwand betrug etwa $1^{cm}$; waren alle diese Einstellungen gemacht, so wurden die Papierstreifen und Fäden vor den Fenstern entfernt und die Apparate blieben unverrückt stehen, bis eine Reihe von Beobachtungen angestellt war. Darauf wurden wieder dieselben Controlen über die Stellung der Apparate zu einander ausgeführt und nur die Beobachtungen berücksichtigt, bei denen sich Alles als während der Versuche unverändert geblieben erwies.

## Beobachtungen.

Nach Füllung des Kastens mit Kohlensäure und Absperrung der Hähne wartete man, um das Gas zur Ruhe kommen zu lassen, stets 10 bis 15 Minuten, ehe man den Deckel abhob. Unterdessen wurden der Barometerstand und der Stand zweier Thermometer abgelesen, die in Fünftel-Grad getheilt waren und von denen eines sich neben der Mündung, das andre sich neben dem Boden des Diffusionsgefässes befand.

Die zwei Thermometer zeigten meistens eine nicht zu vermeidende Differenz von einigen Zehntel Grad, und auch während des Versuchs stieg die Temperatur in dem Keller, aber für beide Thermometer fast ganz gleichmässig, um höchstens $^1/_2{}^0$ C.

Die Beobachtungen wurden nun in der Weise angestellt, dass man die Zeiten notirte, zu denen entsprechende Punkte der Interferenzerscheinung an dem Fadenkreuzschnittpunkt des Fernrohrs vorübergingen, oder, wie wir sagen wollen, zu denen sich der $1^{te}$, $2^{te}$, ... $n^{te}$ Interferenzstreifen verschoben hatte. Unter einem Interferenzstreifen verstehen wir hier die Summe eines hellen und dunkeln Streifens. Die Zeit wurde an einem Chronometer abgelesen, der neben dem Beobachter stand und dessen halbe Secundenschläge von ihm gehört werden konnten. Bei Anfang jedes Versuchs war, wie erwähnt, der Fadenkreuzschnittpunkt auf die Grenze eines hellen und dunkeln Streifens eingestellt. Gelangte dann bei allmählicher Verschiebung der Steifen jener Schnittpunkt wieder in die Nähe einer solchen Grenze, so begann man die Schläge der Uhr zu zählen bis zu dem gesuchten Moment, in dem Fadenkreuzschnittpunkt und Streifengrenze wieder zusammenfielen. Um den Abstand des Querschnittes, in dem der Diffusionsvorgang beobachtet wurde, von der Mündung des Kastens zu bestimmen, schob man einmal ein Lineal an der schmalen Vorderwand und nachher auch an der Hinterwand senkrecht in den Kasten hinab, bis dasselbe die gerade benutzten Fenster so weit verdeckte, dass die untere Kante des Lineals mit dem Schnittpunkt des Fadenkreuzes im Fernrohre zusammenfiel. Dann markirte man die Länge des in den Kasten geschobenen Linealstückes und mass sie möglichst genau. War die Einstellung des Apparates vorher gut gemacht, so stimmten die zwei beim Hinabschieben an der Vorder- und Hinterwand des Kastens auf dem Lineal aufgetragenen Längen bis auf Bruchtheile eines Millimeters überein.

Die Beobachtungen wurden meistens, nachdem 60 Streifen am Fadenkreuz des Fernrohrs vorbeigewandert waren, abgebrochen, da, wenigstens für das unterste Fensterpaar, dann die Verschiebung der Streifen so langsam vor sich ging, dass die Zeit, zu der die Grenze zwischen einem dunkeln und hellen Streifen mit dem Schnittpunkt des Fadenkreuzes zusammenfiel, nicht mehr scharf beobachtet werden konnte. Auch musste man bei längerer Versuchsdauer fürchten, dass das langsame Steigen der Kellertemperatur die Versuchsresultate fälschte. Die Beobachtungen durch das unterste Gläserpaar ergaben die Zeit des Vorübergangs des $60^{sten}$ Streifens auf etwa 10 Secunden

genau, während bei den mittleren resp. obersten Fenstern der Fehler in der Zeitbestimmung für 60 Streifen höchstens 7 resp. 3 Secunden betragen wird.

Den Verlauf der Diffusion und die Uebereinstimmung der einzelnen Versuche zeigen folgende möglichst schnell nach einander angestellte Beobachtungsreihen, die allerdings insofern nicht ganz unter einander vergleichbar sind, als im Lauf der Zeit die Temperatur im Keller um über $2^0$ C. stieg und auch der Druck bei den einzelnen Versuchen nicht ganz derselbe war.

In den Tabellen bezeichnet $p_0$ den auf $0^0$ C. reducirten Barometerstand und $\vartheta$ die mittlere Temperatur des Gases vor dem Versuche, die gestrichenen Buchstaben beziehen sich auf die entsprechenden Grössen nach der Beobachtung. $A$ ist die Anzahl der verschobenen Interferenzstreifen, $t$ die vom Beginn des Versuchs gerechnete Zeit, welche die Verschiebung von $A$ Streifen erforderte. $x$ ist der Abstand des Querschnitts, in dem der Diffusionsvorgang beobachtet wurde, von der Mündung des Kastens.

## Tabelle I.

$x = 10.0^{cm}$.

| | I. | II. | III. | IV. | V. | VI. | Mittel. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 29. Juni 1881. | 29. Juni. | 30. Juni. | 30. Juni. | 1. Juli. | 1. Juli. | |
| | $11^h\ 7^{min}\ 0^{sec}$ | $2^h\ 55^{min}\ 0^{sec}$ | $11^h\ 46^{min}\ 0^{sec}$ | $6^h\ 20^{min}\ 0^{sec}$ | $8^h\ 42^{min}\ 0^{sec}$ | $11^h\ 56^{min}\ 0^{sec}$ | |
| | $p_0 = 754.8^{mm}$ | $p_0 = 755.4^{mm}$ | $p_0 = 760.2^{mm}$ | $p_0 = 758.4^{mm}$ | $p_0 = 756.5^{mm}$ | $p_0 = 754.9^{mm}$ | $p_0 = 756.6^{mm}$ |
| | $p_0' = 755.0^{mm}$ | $p_0' = 755.5^{mm}$ | $p_0' = 760.0^{mm}$ | $p_0' = 758.4^{mm}$ | $p_0' = 756.1^{mm}$ | $p_0' = 754.5^{mm}$ | |
| | $\vartheta = 16.8^0$ C. | $\vartheta = 16.8^0$ C. | $\vartheta = 16.5^0$ C. | $\vartheta = 16.6^0$ C. | $\vartheta = 16.4^0$ C. | $\vartheta = 16.6^0$ C. | $\vartheta = 16.8^0$ C. |
| | $\vartheta' = 17.1^0$ C. | $\vartheta' = 17.0^0$ C. | $\vartheta' = 16.9^0$ C. | $\vartheta' = 16.9^0$ C. | $\vartheta' = 16.8^0$ C. | $\vartheta' = 16.9^0$ C. | |
| $A$ | $t$ | $t$ | $t$ | $t$ | $t$ | $t$ | $t$ |
| | min sec | min sec | min sec | min sec | min sec | min sec | min sec |
| 1. | 37 | 33 | 29 | 28 | 33 | 32 | 32.0 |
| 2. | 48 | 43 | 40 | 40 | 44 | 43 | 43.0 |
| 3. | 57 | 51.5 | 50 | 50 | 53 | 51 | 52.1 |
| 4. | 1 5 | 1 0 | 57 | 58 | 1 1 | 59 | 1 0.0 |
| 5. | 12 | 6 | 1 4 | 1 4 | 7.5 | 1 6 | 6.5 |
| 6. | 19 | 12 | 10.5 | 11 | 14 | 12 | 13.1 |
| 7. | 25.5 | 19 | 17 | 18 | 20.5 | 18 | 19.7 |
| 8. | 32 | 25 | 23 | 25 | 27 | 25 | 26.2 |
| 9. | 38 | 31 | 29.5 | 31 | 33 | 31 | 32.2 |
| 10. | 44 | 37 | 35.5 | 37 | 39 | 37 | 38.2 |
| 11. | 50 | 43 | 42 | 43 | 45 | 43 | 44.3 |
| 12. | 56 | 49 | 48 | 49 | 51 | 49 | 50.3 |
| 13. | 2 2 | 55.5 | 54 | 55 | 58 | 55 | 56.6 |
| 14. | 8.5 | 2 1 | 2 0 | 2 1 | 2 4 | 2 1 | 2 2.6 |
| 15. | 15 | 8 | 6.5 | 7 | 10 | 7.5 | 9.0 |
| 16. | 21 | 14 | 13 | 12.5 | 16 | 13.5 | 15.0 |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 17. | | 27 | | 21 | | 19.5 | | 20 | | 22.5 | | 20 | | 21.7 | |
| 18. | | 34 | | 27 | | 26 | | 26.5 | | 29 | | 27 | | 28.2 | |
| 19. | | 40 | | 33 | | 32.5 | | 33 | | 36 | | 33 | | 34.7 | |
| 20. | | 47 | | 40 | | 39.5 | | 39.5 | | 42.5 | | 40 | | 41.4 | |
| 21. | | 54 | | 47 | | 46 | | 47 | | 49 | | 47 | | 48.5 | |
| 22. | 3 | 1.5 | | 54 | | 53 | | 54 | | 56 | | 54 | | 55.4 | |
| 23. | | 8 | 3 | 1 | 3 | 0 | 3 | 1 | 3 | 3.5 | 3 | 1.5 | 3 | 2.5 | |
| 24. | | 16 | | 8.5 | | 7.5 | | 9 | | 11 | | 9 | | 10.2 | |
| 25. | | 23.5 | | 16 | | 15 | | 16.5 | | 18.5 | | 17 | | 17.7 | |
| 26. | | 31 | | 24 | | 22.5 | | 24.5 | | 26 | | 24 | | 25.3 | |
| 27. | | 38.5 | | 31 | | 31 | | 32 | | 34 | | 32 | | 33.1 | |
| 28. | | 46.5 | | 40 | | 39 | | 40.5 | | 42 | | 40 | | 41.3 | |
| 29. | | 55 | | 47.5 | | 48 | | 48.5 | | 51 | | 49 | | 49.8 | |
| 30. | 4 | 4 | | 56 | | 56.5 | | 57 | 4 | 0 | | 57.5 | | 58.5 | |
| 31. | | 12.5 | 4 | 5 | 4 | 5 | 4 | 5.5 | | 8 | 4 | 6 | 4 | 7.0 | |
| 32. | | 22 | | 14 | | 14 | | 15 | | 17.5 | | 14.5 | | 16.2 | |
| 33. | | 31 | | 23.5 | | 23.5 | | 25 | | 27 | | 24 | | 25.7 | |
| 34. | | 41 | | 33 | | 33 | | 34 | | 37 | | 34 | | 35.3 | |
| 35. | | 51 | | 44 | | 43 | | 43 | | 46.5 | | 44 | | 45.2 | |
| 36. | 5 | 1 | | 54 | | 53.5 | | 54 | | 56 | | 54 | | 55.4 | |
| 37. | | 11 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 4.5 | 5 | 7.5 | 5 | 4.5 | 5 | 6.1 | |
| 38. | | 22 | | 15 | | 15 | | 15 | | 18 | | 15 | | 16.7 | |
| 39. | | 33 | | 26 | | 26.5 | | 26.5 | | 29 | | 26.5 | | 27.9 | |
| 40. | | 45 | | 38 | | 38 | | 38 | | 40.5 | | 39 | | 39.7 | |
| 41. | | 57 | | 50 | | 49.5 | | 49.5 | | 54 | | 50 | | 51.7 | |
| 42. | 6 | 10 | 6 | 2.5 | 6 | 1 | 6 | 2 | 6 | 6 | 6 | 3.5 | 6 | 4.2 | |
| 43. | | 23 | | 15 | | 14 | | 15 | | 19 | | 16 | | 17.0 | |
| 44. | | 36 | | 29 | | 27.5 | | 29 | | 32 | | 29.5 | | 30.5 | |
| 45. | | 50 | | 43 | | 41.5 | | 43 | | 46 | | 43 | | 44.4 | |
| 46. | 7 | 4.5 | | 57 | | 56 | | 57 | 7 | 0.5 | | 57 | | 58.7 | |
| 47. | | 18 | 7 | 12 | 7 | 10.5 | 7 | 12 | | 15 | 7 | 11.5 | 7 | 13.2 | |
| 48. | | 33 | | 27 | | 26 | | 27.5 | | 31 | | 27 | | 28.6 | |
| 49. | | 50 | | 43 | | 42 | | 43 | | 46.5 | | 43 | | 44.6 | |
| 50. | 8 | 7 | 8 | 0 | | 58 | | 59 | 8 | 2.5 | | 59 | 8 | 0.9 | |

| | I. | II. | III. | IV. | V. | VI. | Mittel. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 29. Juni 1881. | 29. Juni. | 30. Juni. | 30. Juni. | 1. Juli. | 1. Juli. | |
| | $11^h\ 7^{min}\ 0^{sec}$ | $2^h\ 55^{min}\ 0^{sec}$ | $11^h\ 46^{min}\ 0^{sec}$ | $6^h\ 20^{min}\ 0^{sec}$ | $8^h\ 42^{min}\ 0^{sec}$ | $11^h\ 56^{min}\ 0^{sec}$ | |
| | $p_0 = 754.8^{mm}$ | $p_0 = 755.4^{mm}$ | $p_0 = 760.2^{mm}$ | $p_0 = 758.4^{mm}$ | $p_0 = 756.5^{mm}$ | $p_0 = 754.9^{mm}$ | $p_0 = 756.6^{mm}$ |
| | $p_0' = 755.0^{mm}$ | $p_0' = 755.5^{mm}$ | $p_0' = 760.0^{mm}$ | $p_0' = 758.4^{mm}$ | $p_0' = 756.1^{mm}$ | $p_0' = 754.5^{mm}$ | |
| | $\vartheta = 16.8^0$ C. | $\vartheta = 16.8^0$ C. | $\vartheta = 16.5^0$ C. | $\vartheta = 16.6^0$ C. | $\vartheta = 16.4^0$ C. | $\vartheta = 16.6^0$ C. | $\vartheta = 16.8^0$ C. |
| | $\vartheta' = 17.1^0$ C. | $\vartheta' = 17.0^0$ C. | $\vartheta' = 16.9^0$ C. | $\vartheta' = 16.9^0$ C. | $\vartheta' = 16.8^0$ C. | $\vartheta' = 16.9^0$ C. | |
| $A$ | $t$ | $t$ | $t$ | $t$ | $t$ | $t$ | $t$ |
| | min sec | min sec | min sec | min sec | min sec | min sec | min sec |
| 51. | 8 24 | 8 17 | 8 15.5 | 8 16 | 8 21 | 8 16 | 8 18.2 |
| 52. | 41.5 | 35 | 34 | 35 | 39 | 33 | 36.2 |
| 53. | 9 0 | 54 | 52 | 54 | 58 | 52 | 55.0 |
| 54. | 19 | 9 13 | 9 12 | 9 13 | 9 18 | 9 11 | 9 14.3 |
| 55. | 39 | 33 | 32 | 33 | 38 | 32 | 34.5 |
| 56. | 10 0 | 53 | 53 | 54 | 59 | 53 | 55.3 |
| 57. | 22 | 10 17 | 10 15 | 10 16 | 10 19 | 10 15 | 10 17.3 |
| 58. | 46 | 40 | 37 | 40 | 44 | 38 | 40.8 |
| 59. | 11 10.5 | 11 5 | 11 1 | 11 3 | 11 8 | 11 3 | 11 5.1 |
| 60. | 36 | 30 | 27 | 28 | 33 | 29 | 30.5 |
| 61. | | 56 | 52 | 53 | 59 | 55 | 55.0 |
| 62. | | 12 23 | 12 20 | 12 23 | 12 26 | 12 24 | 12 23.2 |
| 63. | | 52 | 49 | 52 | 56 | 54 | 52.6 |
| 64. | | 13 24 | 13 20 | 13 22 | 13 26 | 13 25 | 13 23.4 |
| 65. | | 55 | 51 | 54 | 58 | 59 | 55.4 |
| 66. | | 14 29 | 14 24 | 14 27 | 14 32 | 14 33 | 14 29.0 |
| 67. | | 15 3 | 58 | 15 4 | 15 7 | 15 9 | 15 4.2 |
| 68. | | 42 | 15 38 | 43 | 45 | 44 | 42.4 |
| 69. | | 16 21 | 16 19 | 16 22 | 16 27 | 16 25 | 16 22.8 |
| 70. | | 17 2 | 17 0 | 17 3 | 17 8 | 17 7 | 17 4.0 |

# Tabelle II.

$x = 20.1^{cm}$.

| | I. 7. Juli. $9^h\ 49^{min}\ 0^{sec}$ $p_0 = 753.9^{mm}$ $p_0' = 754.0^{mm}$ $\vartheta = 17.2^0$ C. $\vartheta' = 17.6^0$ C. | II. 9. Juli. $9^h\ 33^{min}\ 0^{sec}$ $p_0 = 751.2^{mm}$ $p_0' = 751.4^{mm}$ $\vartheta = 17.3^0$ C. $\vartheta' = 17.6^0$ C. | III. 9. Juli. $2^h\ 36^{min}\ 0^{sec}$ $p_0 = 752.7^{mm}$ $p_0' = 752.6^{mm}$ $\vartheta = 17.3^0$ C. $\vartheta' = 17.6^0$ C. | IV. 9. Juli. $7^h\ 10^{min}\ 0^{sec}$ $p_0 = 753.4^{mm}$ $p_0' = 753.7^{mm}$ $\vartheta = 17.4^0$ C. $\vartheta' = 17.8^0$ C. | V. 10. Juli. $9^h\ 20^{min}\ 0^{sec}$ $p_0 = 753.5^{mm}$ $p_0' = 753.4^{mm}$ $\vartheta = 17.3^0$ C. $\vartheta' = 17.6^0$ C. | VI. 10. Juli. $2^h\ 30^{min}\ 0^{sec}$ $p_0 = 754.3^{mm}$ $p_0' = 754.0^{mm}$ $\vartheta = 17.3^0$ C. $\vartheta' = 17.7^0$ C. | Mittel. $p_0 = 753.2^{mm}$ $\vartheta = 17.5^0$ C. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $A$ | $t$ | $t$ | $t$ | $t$ | $t$ | $t$ | $t$ |
| | min sec | min sec | min sec | min sec | min sec | min sec | min sec |
| 1. | 2 47 | 2 47 | 2 52 | 2 57 | 2 48 | 2 55 | 2 51 |
| 2. | 3 32 | 3 31 | 3 37 | 3 40 | 3 33 | 3 41 | 3 42 |
| 3. | 4 4 | 4 4 | 4 12 | 4 14 | 4 9 | 4 15 | 4 10 |
| 4. | 35 | 34 | 41 | 42 | 39 | 44 | 39 |
| 5. | 5 1 | 5 1 | 5 9 | 5 10 | 5 5 | 5 9 | 5 6 |
| 6. | 27 | 27 | 33 | 35 | 30 | 36 | 31 |
| 7. | 52 | 52 | 58 | 6 0 | 56 | 6 2 | 57 |
| 8. | 6 17 | 6 16 | 6 23 | 23 | 6 17 | 25 | 6 20 |
| 9. | 41 | 40 | 45 | 47 | 43 | 50 | 44 |
| 10. | 7 4 | 7 4 | 7 9 | 7 11 | 7 7 | 7 12 | 7 8 |
| 11. | 28 | 28 | 34 | 36 | 30 | 35 | 32 |
| 12. | 50 | 52 | 58 | 8 0 | 55 | 8 0 | 56 |
| 13. | 8 14 | 8 17 | 8 22 | 22 | 8 18 | 24 | 8 19 |
| 14. | 39 | 40 | 47 | 47 | 43 | 48 | 44 |
| 15. | 9 3 | 9 4 | 9 10 | 9 12 | 9 7 | 9 13 | 9 8 |
| 16. | 28 | 30 | 35 | 37 | 31 | 38 | 33 |

| | I. 7. Juli. $9^h\ 49^{min}\ 0^{sec}$ $p_0 = 753.9^{mm}$ $p_0' = 754.0^{mm}$ $\vartheta = 17.2^0$ C. $\vartheta' = 17.6^0$ C. | II. 9. Juli. $9^h\ 33^{min}\ 0^{sec}$ $p_0 = 751.2^{mm}$ $p_0' = 751.4^{mm}$ $\vartheta = 17.3^0$ C. $\vartheta' = 17.6^0$ C. | III. 9. Juli. $2^h\ 36^{min}\ 0^{sec}$ $p_0 = 752.7^{mm}$ $p_0' = 752.6^{mm}$ $\vartheta = 17.3^0$ C. $\vartheta' = 17.6^0$ C. | IV. 9. Juli. $7^h\ 10^{min}\ 0^{sec}$ $p_0 = 753.4^{mm}$ $p_0' = 753.7^{mm}$ $\vartheta = 17.4^0$ C. $\vartheta' = 17.8^0$ C. | V. 10. Juli. $9^h\ 20^{min}\ 0^{sec}$ $p_0 = 753.5^{mm}$ $p_0' = 753.4^{mm}$ $\vartheta = 17.3^0$ C. $\vartheta' = 17.6^0$ C. | VI. 10. Juli. $2^h\ 30^{min}\ 0^{sec}$ $p_0 = 754.3^{mm}$ $p_0' = 754.0^{mm}$ $\vartheta = 17.3^0$ C. $\vartheta' = 17.7^0$ C. | Mittel. $p_0 = 753.2^{mm}$ $\vartheta = 17.5^0$ C. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $A$ | $t$ | $t$ | $t$ | $t$ | $t$ | $t$ | $t$ |
| | min sec | min sec | min sec | min sec | min sec | min sec | min sec |
| 17. | 9 53 | 9 56 | 10 1 | 10 2 | 9 56 | 10 2 | 9 58 |
| 18. | 10 19 | 10 20 | 27 | 26 | 10 21 | 27 | 10 23 |
| 19. | 46 | 46 | 52 | 52 | 46 | 54 | 49 |
| 20. | 11 12 | 11 14 | 11 19 | 11 20 | 11 14 | 11 22 | 11 17 |
| 21. | 38 | 40 | 45 | 45 | 42 | 48 | 43 |
| 22. | 12 6 | 12 7 | 12 13 | 12 15 | 12 8 | 12 16 | 12 11 |
| 23. | 34 | 36 | 41 | 41 | 37 | 44 | 39 |
| 24. | 13 3 | 13 5 | 13 10 | 13 11 | 13 6 | 13 12 | 13 8 |
| 25. | 33 | 34 | 41 | 40 | 37 | 39 | 37 |
| 26. | 14 3 | 41 5 | 14 11 | 14 10 | 14 7 | 14 11 | 14 8 |
| 27. | 34 | 36 | 43 | 41 | 38 | 42 | 39 |
| 28. | 15 7 | 15 8 | 15 14 | 15 13 | 15 9 | 15 14 | 15 11 |
| 29. | 38 | 41 | 45 | 47 | 42 | 46 | 43 |
| 30. | 16 13 | 16 15 | 16 19 | 16 20 | 16 15 | 16 18 | 16 17 |
| 31. | 47 | 49 | 54 | 53 | 51 | 55 | 51 |
| 32. | 17 22 | 17 26 | 17 30 | 17 27 | 17 27 | 17 31 | 17 27 |
| 33. | 18 1 | 18 4 | 18 7 | 18 5 | 18 0 | 18 7 | 18 4 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 34. | 18 | 36 | 18 | 42 | 18 | 45 | 18 | 45 | 18 | 41 | 18 | 43 | 18 | 42 |
| 35. | 19 | 16 | 19 | 19 | 19 | 21 | 19 | 24 | 19 | 19 | 19 | 23 | 19 | 20 |
| 36. | | — | 20 | 2 | 20 | 4 | 20 | 5 | | 58 | 20 | 3 | 20 | 2 |
| 37. | 20 | 37 | | 42 | | 45 | | 46 | 20 | 43 | | 43 | 20 | 43 |
| 38. | 21 | 21 | 21 | 26 | 21 | 28 | 21 | 28 | 21 | 26 | 21 | 26 | 21 | 26 |
| 39. | 22 | 5 | 22 | 10 | 22 | 12 | 22 | 12 | 22 | 10 | 22 | 10 | 22 | 10 |
| 40. | | 48 | | 55 | | 56 | | 59 | | 55 | 23 | 1 | | 57 |
| 41. | 23 | 36 | 23 | 43 | 23 | 43 | 23 | 46 | 23 | 41 | | 42 | 23 | 42 |
| 42. | 24 | 27 | 24 | 31 | 24 | 32 | 24 | 35 | 24 | 30 | 24 | 31 | 24 | 31 |
| 43. | 25 | 16 | 25 | 22 | 25 | 22 | 25 | 25 | 25 | 22 | 25 | 22 | 25 | 21 |
| 44. | 26 | 9 | 26 | 15 | 26 | 14 | 26 | 16 | 26 | 11 | 26 | 15 | 26 | 13 |
| 45. | 27 | 2 | 27 | 10 | 27 | 11 | 27 | 11 | 27 | 7 | 27 | 9 | 27 | 8 |
| 46. | 28 | 0 | 28 | 6 | 28 | 4 | 28 | 7 | 28 | 4 | 28 | 6 | 28 | 4 |
| 47. | | 58 | 29 | 3 | 29 | 1 | 29 | 4 | 29 | 0 | 29 | 3 | 29 | 1 |
| 48. | 29 | 56 | 30 | 3 | 30 | 2 | 30 | 4 | 30 | 1 | 30 | 2 | 30 | 1 |
| 49. | 30 | 57 | 31 | 4 | 31 | 5 | 31 | 6 | 31 | 4 | 31 | 0 | 31 | 3 |
| 50. | 32 | 0 | 32 | 8 | 32 | 10 | 32 | 10 | 32 | 7 | 32 | 6 | 32 | 7 |
| 51. | 33 | 6 | 33 | 20 | 33 | 16 | 33 | 16 | 33 | 14 | 33 | 9 | 33 | 15 |
| 52. | 34 | 13 | 34 | 27 | 34 | 27 | 34 | 23 | 34 | 23 | 34 | 18 | 34 | 22 |
| 53. | 35 | 24 | 35 | 36 | 35 | 37 | 35 | 33 | 35 | ? | 35 | 30 | 35 | 32 |
| 54. | 36 | 38 | 36 | 50 | 36 | 49 | 36 | 46 | 36 | 47 | 36 | 42 | 36 | 45 |
| 55. | 37 | 54 | 38 | 5 | 38 | 4 | 38 | 1 | 38 | 3 | 37 | 55 | 38 | 0 |
| 56. | 39 | 13 | 39 | 24 | 39 | 20 | 39 | 19 | 39 | 21 | 39 | 13 | 39 | 18 |
| 57. | 40 | 34 | 40 | 46 | 40 | 41 | 40 | 38 | 40 | 42 | 40 | 33 | 40 | 39 |
| 58. | 41 | 56 | 42 | 11 | 42 | 2 | 42 | 0 | 42 | 2 | 41 | 56 | 42 | 1 |
| 59. | 43 | 20 | 43 | 37 | 43 | 28 | 43 | 25 | 43 | 28 | 43 | 21 | 43 | 28 |
| 60. | 44 | 46 | 45 | 5 | 44 | 57 | 44 | 53 | 44 | 55 | 44 | 45 | 44 | 53 |

## Tabelle III.

$x = 35.2^{cm}$.

| | I. 17. Juli. $10^h\ 32^{min}\ 0^{sec}$ $p_0 = 753.4^{mm}$ $p_0' = 753.3^{mm}$ $\vartheta = 18.7^0$ C. $\vartheta' = 19.0^0$ C. | II. 17. Juli. $5^h\ 30^{min}\ 0^{sec}$ $p_0 = 753.1^{mm}$ $p_0' = 753.4^{mm}$ $\vartheta = 18.7^0$ C. $\vartheta' = 19.0^0$ C. | III. 18. Juli. $6^h\ 22^{min}\ 0^{sec}$ $p_0 = 751.9^{mm}$ $p_0' = 751.9^{mm}$ $\vartheta = 18.5^0$ C. $\vartheta' = 19.0^0$ C. | IV. 20. Juli. $10^h\ 36^{min}\ 0^{sec}$ $p_0 = 747.0^{mm}$ $p_0' = 746.9^{mm}$ $\vartheta = 18.8^0$ C. $\vartheta' = 19.2^0$ C. | V. 21. Juli. $6^h\ 9^{min}\ 0^{sec}$ $p_0 = 748.6^{mm}$ $p_0' = 749.1^{mm}$ $\vartheta = 19.1^0$ C. $\vartheta' = 19.5^0$ C. | VI. 23. Juli. $9^h\ 21^{min}\ 0^{sec}$ $p_0 = 754.0^{mm}$ $p_0' = 753.8^{mm}$ $\vartheta = 18.9^0$ C. $\vartheta' = 19.1^0$ C. | VII. 23. Juli. $3^h\ 20^{min}\ 0^{sec}$ $p_0 = 753.3^{mm}$ $p_0' = 753.2^{mm}$ $\vartheta = 18.9^0$ C. $\vartheta' = 19.1^0$ C. | Mittel. $p_0 = 751.6^{mm}$ $\vartheta = 19.0^0$ C. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | $t$ | $t$ | $t$ | $t$ | $t$ | $t$. | $t$ | $t$ |
| | min sec | min sec | min sec | min sec | min sec | min sec | min sec | min sec |
| 1. | 8 50 | 8 30 | 8 40 | 8 54 | 9 0 | 8 51 | 8 55 | 8 49 |
| 2. | 10 57 | 10 42 | 10 52 | 11 0 | 11 8 | 10 56 | 11 0 | 10 56 |
| 3. | 12 30 | 12 22 | 12 37 | 12 42 | 12 52 | 12 35 | 12 44 | 12 37 |
| 4. | 13 56 | 13 54 | 14 3 | 14 10 | 14 14 | 13 58 | 14 9 | 14 3 |
| 5. | 15 20 | 15 12 | 15 25 | 15 28 | 15 33 | 15 17 | 15 24 | 15 23 |
| 6. | 16 34 | 16 28 | 16 43 | 16 45 | 16 46 | 16 32 | 16 40 | 16 38 |
| 7. | 17 45 | 17 45 | 17 55 | 17 57 | 17 59 | 17 45 | 17 51 | 17 51 |
| 8. | 18 59 | 18 54 | 19 6 | 19 5 | 19 11 | 18 54 | 19 3 | 19 0 |
| 9. | 20 7 | 20 2 | 20 15 | 20 20 | 20 21 | 20 3 | 20 11 | 20 11 |
| 10. | 21 16 | 21 13 | 21 23 | 21 28 | 21 30 | 21 11 | 21 19 | 21 20 |
| 11. | 22 23 | 22 20 | 22 31 | 22 36 | 22 38 | 22 16 | 22 26 | 22 27 |
| 12. | 23 34 | 23 27 | 23 39 | 23 41 | 23 45 | 23 34 | 23 33 | 23 35 |
| 13. | 24 40 | 24 33 | 24 45 | 24 50 | 24 51 | 24 31 | 24 ? | 24 42 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 14. | 25 | 48 | 25 | 39 | 25 | 52 | 25 | 56 | 25 | 59 | 25 | 36 | 25 | 45 | 25 | 48 |
| 15. | 26 | 56 | 26 | 46 | 26 | 58 | 27 | 3 | 27 | 6 | 26 | 42 | 26 | 52 | 26 | 55 |
| 16. | 28 | 2 | 27 | 55 | 28 | 5 | 28 | 10 | 28 | 12 | 27 | 50 | 27 | 58. | 28 | 2 |
| 17. | 29 | 7 | 29 | 0 | 29 | 11 | 29 | 15 | 29 | 18 | 28 | 55 | 29 | 2 | 29 | 7 |
| 18. | 30 | 13 | 30 | 7 | 30 | 17 | 30 | 21 | 30 | 25 | 30 | 2 | 30 | 9 | 30 | 13 |
| 19. | 31 | 20 | 31 | 15 | 31 | 25 | 31 | 30 | 31 | 32 | 31 | 8 | 31 | 17 | 31 | 21 |
| 20. | 32 | 27 | 32 | 21 | 32 | 31 | 32 | 38 | 32 | 37 | 32 | 15 | 32 | 22 | 32 | 27 |
| 21. | 33 | 37 | 33 | 30 | 33 | 29 | 33 | 44 | 33 | 47 | 33 | 21 | 33 | 30 | 33 | 34 |
| 22. | 34 | 43 | 34 | 37 | 34 | 47 | 34 | 51 | 34 | 49 | 34 | 29 | 34 | 36 | 34 | 42 |
| 23. | 35 | 53 | 35 | 44 | 35 | 55 | 36 | 0 | 35 | 56 | 35 | 38 | 35 | 45 | 35 | 50 |
| 24. | 37 | 2 | 36 | 54 | 37 | 5 | 37 | 8 | 37 | 4 | 36 | 48 | 36 | 55 | 36 | 59 |
| 25. | 38 | 11 | 38 | 3 | 38 | 14 | 38 | 17 | 38 | 13 | 37 | 57 | 38 | 4 | 38 | 8 |
| 26. | 39 | 21 | 39 | 12 | 39 | 23 | 39 | 27 | 39 | 21 | 39 | 6 | 39 | 14 | 39 | 18 |
| 27. | 40 | 33 | 40 | 22 | 40 | 33 | 40 | 37 | 40 | 36 | 40 | 16 | 40 | 24 | 40 | 29 |
| 28. | 41 | 41 | 41 | 33 | 41 | 45 | 41 | 47 | 41 | 56 | 41 | 26 | 41 | 34 | 41 | 40 |
| 29. | 42 | 53 | 42 | 44 | 42 | 55 | 42 | 58 | 42 | 57 | 42 | 36 | 42 | 45 | 42 | 50 |
| 30. | 44 | 5 | 43 | 56 | 44 | 5 | 44 | 11 | 44 | 10 | 43 | 49 | 43 | 56 | 44 | 2 |
| 31. | 45 | 18 | 45 | 8 | 45 | 18 | 45 | 24 | 45 | 24 | 44 | 59 | 45 | 6 | 45 | 14 |
| 32. | 46 | 30 | 46 | 21 | 46 | 29 | 46 | 38 | 46 | 37 | 46 | 14 | 46 | 19 | 46 | 27 |
| 33. | 47 | 47 | 47 | 32 | 47 | 50 | 47 | 52 | 47 | 52 | 47 | 29 | 47 | 33 | 47 | 42 |
| 34. | 49 | 4 | 48 | 47 | 49 | 3 | 49 | 8 | 49 | 7 | 48 | 43 | 48 | 49 | 48 | 57 |
| 35. | 50 | 20 | 50 | 2 | 50 | 18 | 50 | 22 | 50 | 20 | 49 | 59 | 50 | 5 | 50 | 12 |
| 36. | 51 | 36 | 51 | 20 | 51 | 35 | 51 | 40 | 51 | 40 | 51 | 14 | 51 | 22 | 51 | 30 |
| 37. | 52 | 54 | 52 | 34 | 52 | 50 | 52 | 56 | 52 | 56 | 52 | 31 | 52 | 37 | 52 | 45 |
| 38. | 54 | 10 | 53 | 52 | 54 | 7 | 54 | 14 | 54 | 20 | 53 | 47 | 53 | 57 | 54 | 4 |
| 39. | 55 | 27 | 55 | 19 | 55 | 25 | 55 | 31 | 55 | 39 | 55 | 6 | 55 | 16 | 55 | 23 |
| 40. | 56 | 47 | 56 | 36 | 56 | 45 | 56 | 51 | 56 | 58 | 56 | 24 | 56 | 34 | 56 | 42 |
| 41. | 58 | 8 | 57 | 57 | 58 | 5 | 58 | 13 | 58 | 20 | 57 | 44 | 57 | 53 | 58 | 3 |

| | I. | II. | III. | IV. | V. | VI. | VII. | Mittel. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 17. Juli. | 17. Juli. | 18. Juli. | 20. Juli. | 21. Juli. | 23. Juli. | 23. Juli. | |
| | $10^h\ 32^{min}\ 0^{sec}$ | $5^h\ 30^{min}\ 0^{sec}$ | $6^h\ 22^{min}\ 0^{sec}$ | $10^h\ 36^{min}\ 0^{sec}$ | $6^h\ 9^{min}\ 0^{sec}$ | $9^h\ 21^{min}\ 0^{sec}$ | $3^h\ 20^{min}\ 0^{sec}$ | |
| | $p_0 = 753.4^{mm}$ | $p_0 = 753.1^{mm}$ | $p_0 = 751.9^{mm}$ | $p_0 = 747.0^{mm}$ | $p_0 = 748.6^{mm}$ | $p_0 = 754.0^{mm}$ | $p_0 = 753.3^{mm}$ | $p_0 = 751.6^{mm}$ |
| | $p_0' = 753.3^{mm}$ | $p_0' = 753.4^{mm}$ | $p_0' = 751.9^{mm}$ | $p_0' = 746.9^{mm}$ | $p_0' = 749.1^{mm}$ | $p_0' = 753.8^{mm}$ | $p_0' = 753.2^{mm}$ | |
| | $\vartheta = 18.7^0$ C. | $\vartheta = 18.7^0$ C. | $\vartheta = 18.5^0$ C. | $\vartheta = 18.8^0$ C. | $\vartheta = 19.1^0$ C. | $\vartheta = 18.9^0$ C. | $\vartheta = 18.9^0$ C. | $\vartheta = 19.0^0$ C. |
| | $\vartheta' = 19.0^0$ C. | $\vartheta' = 19.0^0$ C. | $\vartheta' = 19.0^0$ C. | $\vartheta' = 19.2^0$ C. | $\vartheta' = 19.5^0$ C. | $\vartheta' = 19.1^0$ C. | $\vartheta' = 19.1^0$ C. | |
| *A* | *t* | *t* | *t* | *t* | *t* | *t* | *t* | *t* |
| | h min sec | h min sec | h min sec | h min sec | h min sec | h min sec | h min sec | h min sec |
| 42. | 59 29 | 59 19 | 59 26 | 59 32 | 59 45 | 59 6 | 59 15 | 59 25 |
| 43. | 1 0 50 | 1 0 44 | 1 0 47 | 1 0 53 | 1 1 7 | 1 0 28 | 1 0 38 | 1 0 47 |
| 44. | 2 13 | 2 9 | 2 9 | 2 19 | 2 30 | 1 51 | 2 1 | 2 10 |
| 45. | 3 38 | 3 31 | 3 32 | 3 44 | 3 55 | 3 18 | 3 24 | 3 35 |
| 46. | 5 5 | 4 53 | 4 57 | 5 10 | 5 17 | 4 44 | 4 49 | 4 59 |
| 47. | 6 31 | 6 20 | 6 22 | 6 34 | 6 45 | 6 11 | 6 18 | 6 26 |
| 48. | 7 59 | 7 45 | 7 50 | 8 3 | 8 14 | 7 37 | 7 43 | 7 53 |
| 49. | 9 28 | 9 19 | 9 16 | 9 30 | 9 43 | 9 7 | 9 11 | 9 22 |
| 50. | 10 57 | 10 46 | 10 46 | 11 0 | 11 14 | 10 37 | 10 41 | 10 52 |
| 51. | 12 26 | 12 16 | 12 16 | 12 31 | 12 44 | 12 7 | 12 14 | 12 22 |
| 52. | 13 57 | 13 46 | 13 48 | 14 1 | 14 15 | 13 38 | 13 47 | 13 53 |
| 53. | 15 31 | 15 19 | 15 19 | 15 34 | 15 48 | 15 12 | 15 20 | 15 26 |
| 54. | 17 1 | 16 51 | 16 54 | 17 9 | 17 25 | 16 48 | 16 54 | 17 0 |
| 55. | 18 39 | 18 30 | 18 32 | 18 45 | 19 2 | 18 26 | 18 33 | 18 38 |
| 56. | 20 14 | 20 10 | 20 8 | 20 23 | 20 34 | 20 4 | 20 10 | 20 15 |
| 57. | 22 0 | 21 45 | 21 46 | 22 2 | 22 14 | 21 42 | 21 47 | 21 54 |
| 58. | 23 40 | 23 22 | 23 26 | 23 42 | 23 53 | 23 22 | 23 27 | 23 33 |
| 59. | 25 19 | 25 4 | 25 7 | 25 25 | 25 34 | 25 2 | 25 9 | 25 14 |
| 60. | 27 0 | 26 48 | 26 51 | 27 8 | 27 15 | 26 47 | 26 53 | 26 57 |

Ausser den angeführten Beobachtungen sind noch sehr viele ähnliche gemacht worden. Wir werden diese aber bei der späteren Berechnung nicht berücksichtigen, da die Barometer- und Thermometerstände bei den einzelnen von ihnen noch mehr unter einander abweichen als in den obenstehenden Versuchen und doch die Temperaturdifferenz, von höchstens $7^0$ C., wieder nicht gross genug war, um die Abhängigkeit der Diffusion von der Temperatur scharf aus ihnen bestimmen zu können. Dass die Diffusion bei höherer Temperatur schneller vor sich geht, ergaben aber alle Beobachtungen sehr deutlich.

Die obigen Tabellen zeigen bei den einzelnen Versuchen in den Angaben über die Zeiten, welche zur Verschiebung der ersten Interferenzstreifen nöthig sind, grössere Abweichungen unter einander, als für die späteren Streifen. Es konnte eben das Abheben des Deckels nicht immer ganz mit der wünschenswerthen Gleichartigkeit geschehen. Trotz dieser Fehlerquelle stellen die einzelnen Beobachtungsreihen, bei denen auch Druck und Temperatur nie ganz dieselben waren, den Verlauf der Diffusion mit grosser Uebereinstimmung dar. So sind z. B. die grössten Abweichungen, welche die einzelnen Versuche bei der Bestimmung der zur Verschiebung von 60 Streifen nöthigen Zeit von einander zeigen, für das unterste Gläserpaar $^1/_2$ Procent, für das mittlere etwa 0.7 Procent und für das oberste 1.3 Procent der Versuchsdauer.

In Figur 4 ist die Aenderung des Partialdrucks der Kohlensäure im Kasten mit der Zeit graphisch dargestellt. Als Einheit der Abscissen ist die Zeit gewählt, die zur Verschiebung von 60 Streifen erforderlich war; die Ordinaten bezeichnen die Anzahl der verschobenen Interferenzstreifen, deren Zunahme proportional ist der Abnahme des Partialdrucks der Kohlensäure. Die Curven I, II, III beziehen sich auf die Beobachtungen mit dem obersten, mittleren und untersten Fensterpaar und gelten für den Druck und die Temperatur, die in den 3 Tabellen als »mittlere« angegeben sind; sie zeigen, dass wenigstens in den tieferen Schichten des Gefässes die Aenderung des Partialdrucks fast proportional mit der Zeit erfolgt.

## Berechnung des Diffusionscoëfficienten und Discussion der Resultate.

Die angeführten Versuche sollen nun dazu dienen, um aus ihnen den sogenannten Diffusionscoëfficienten für verschiedene Zeitpunkte und an verschiedenen Orten des Diffusionsgefässes zu berechnen. Dieser Coëfficient, der die Stärke des Diffusionsstromes, d. h. die Geschwindigkeit, mit der die Gase sich mischen, bestimmt, ist definirt als das auf die Druckeinheit bezogene Gasvolum, das in der Zeiteinheit durch die Flächeneinheit tritt, wenn für jedes der zwei diffundirenden Gase der Druck sich um die Einheit in der Einheit der Entfernung ändert. Wie die Differentialgleichung

$$5) \quad \frac{\partial p}{\partial t} = k \frac{\partial^2 p}{\partial x^2}$$

zeigt, welche die in der $x$-Richtung erfolgende, ruhige Diffusion zweier Gase in einander, auf die keine äusseren Kräfte wirken, darstellt, sind die Dimensionen des Diffusionscoëfficienten $k = \frac{\text{Quadrat d. Längeneinheit}}{\text{Zeiteinheit}}$; wir wollen das Centimeter zur Längeneinheit, die Secunde als Zeiteinheit wählen. Es bezeichnet in unserm Falle $p$ den Partialdruck der Kohlensäure im Kasten, die $x$ sollen von der oberen Oeffnung des Kastens vertical abwärts als positiv gerechnet werden, und $h$ sei die Tiefe des Kastens, und zwar ist $h = 50.3^{cm}$. Bedenken wir dann, dass die Kohlensäure in die freie Atmosphäre diffundirt und in Folge ihrer Schwere aussen an den Wänden des Gefässes herabsinken wird, so erhalten wir bei unserer Versuchsanordnung als Grenzbedingungen:

$$\left.\begin{aligned} p &= 0 \quad \text{für} \quad x = 0 \\ \frac{\partial p}{\partial x} &= 0 \quad \text{für} \quad x = h \end{aligned}\right\} \text{ für alle } t$$

und als Anfangsbedingung:

$$p = p_0 \quad \text{für} \quad 0 < x < h \quad \text{und für} \quad t = 0,$$

wo $p_0$ den Druck der Kohlensäure im Diffusionsgefäss vor Beginn des Versuchs, d. h. den beobachteten Barometerstand bezeichnet. Ein particuläres Integral von 5) ist:

$$p = (C \sin \alpha x + C_1 \cos \alpha x)\, e^{-\alpha^2 k t}$$

und hier sind die 3 Constanten $C$, $C_1$, $\alpha$ aus den angeführten Bedingungen zu bestimmen. Damit der ersten Grenzbedingung genügt werde, muss $C_1 = 0$ sein, dann ergiebt die zweite Grenzbedingung:

$$\alpha\, C \cos \alpha\, x\, e^{-\alpha^2 k t} = 0 \quad \text{für} \quad x = h.$$

und diese Gleichung wird erfüllt, wenn wir setzen:

$$\alpha\, h = (2n + 1)\frac{\pi}{2}$$

d. h.

$$\alpha = \frac{(2n+1)\pi}{2h}$$

wo $n$ die Zahlen 0, 1, 2 etc. bedeutet. Das allgemeine Integral von 5) wäre somit:

$$p = \sum_0^\infty{}_n\, C_n \,.\, \sin \frac{(2n+1)\pi}{2h}\, x \,.\, e^{\frac{-(2n+1)^2\pi^2}{4h^2} k t}$$

Nach der Anfangsbedingung muss aber sein:

$$p_0 = \sum_0^\infty{}_n\, C_n \sin \frac{(2n+1)\pi}{2h} x \qquad \text{von } x = 0 \text{ bis } x = h.$$

Nach Fourier's Reihenentwickelung lässt sich $p_0$ in der Form darstellen:

$$p_0 = \sum_0^\infty{}_m\, a_m \sin \frac{m\pi x}{2h}$$

wo

$$a_m = \frac{1}{h}\int_0^{2h} p_0 \sin \frac{m\pi x}{2h}\, dx$$

Durch Vergleichung dieser zwei Ausdrücke für $p_0$ bestimmen sich die $C$ und man findet als allgemeines Integral von 5):

$$6) \quad p = \frac{4p_0}{\pi} \sum_0^\infty{}_n \frac{1}{2n+1} \sin \frac{(2n+1)\pi}{2h} x \,.\, e^{-\frac{(2n+1)^2\pi^2}{4h^2} k t}$$

oder nach Gleichung 4):

$$7) \quad A_0 - A = \frac{4A_0}{\pi}\left\{ \sin \frac{\pi}{2h} x \,.\, e^{-\frac{\pi^2}{4h^2} k t} + \frac{1}{3} \sin \frac{3\pi}{2h} x \,.\, e^{-\frac{9\pi^2}{4h^2} k t} + \frac{1}{5} \sin \frac{5\pi}{2h} x \,.\, e^{-\frac{25\pi^2}{4h^2} k t} + \ldots \right\}$$

Hier ist nach Gleichung 2):

$$A_0 = (n_1 - n_0)\frac{L_1}{\lambda}$$

wo $n_1$ und $n_0$ die Brechungsexponenten der Kohlensäure und Luft für Natriumlicht bei dem Barometerstand und der Tem-

peratur des Versuches sind. In dem Kellerraum war die Luft nun stets feucht und jedenfalls, trotz oft bewirkten Durchzugs, bei der fast ununterbrochenen Kohlensäureentwickelung auch etwas kohlensäurehaltig, für solche Luft ist nach Ketteler[1]) bei 760$^{mm}$ Druck und 0° C.:

$$n_0 = 1.00029470$$

und für Kohlensäure:

$$n_1 = 1.00044922.$$

Ferner ist:

$$\lambda = 0.0005888^{mm}$$

und es wurde gemessen:

$$L_1 = 502.7^{mm}.$$

Demnach wäre bei dem Barometerstand $p_0$ und der Temperatur $\vartheta$:

$$A_0 = \frac{p_0}{760} \cdot \frac{0.00015452}{1+\gamma\vartheta} \cdot \frac{502.7}{0.0005888}$$

wo $\gamma$ den Ausdehnungscoëfficienten der Gase bezeichnet. Setzen wir für $p_0$ und $\vartheta$ die Barometer- und Thermometerstände ein, die in den Tabellen I, II, III unter der Ueberschrift »Mittel« angeführt sind, so ergiebt sich für die Beobachtungen durch das oberste, mittlere und unterste Fensterpaar $A_0$ als:

$$A_0 = 123.72 \quad \text{für} \quad x = 10.0^{cm}$$
$$A_0 = 122.86 \quad » \quad x = 20.1 »$$
$$A_0 = 121.96 \quad » \quad x = 35.2 »$$

Die annähernde Richtigkeit dieser Zahlen wurde geprüft, indem man die Kohlensäure aus dem Kasten mit einer kleinen Handpumpe langsam und vorsichtig herauspumpte und Luft eintreten liess, bis in dem Kasten durch Kalkwasser keine Spur von Kohlensäure mehr nachzuweisen war. Die Zahl der Interferenzstreifen, die bei diesem Verfahren am Fadenkreuz des Fernrohrs vorbeiwanderten, betrug in der That stets 122 bis 124.

Da die Anzahl $A$ und die Zeit $t$ der verschobenen Interferenzstreifen direct durch die Versuche ermittelt wurde und ebenso der Abstand $x$ des Querschnittes des Diffusionsgefässes, durch den beobachtet wurde, gemessen war, so liess sich $k$ aus der Gleichung 7) berechnen.

---

[1]) l. c.

Für alle angestellten Versuche war die Zeit $t$ ziemlich klein und es mussten desshalb stets mehrere Glieder der Reihe berücksichtigt werden. $k$ wurde dann in der Weise bestimmt, dass man von vornherein $t$ einen willkürlichen Werth gab, indem man setzte:

$$8) \quad t = \frac{4h^2}{\pi^2 k Z},$$

wo $Z$ eine passend gewählte Zahl bedeutet, und mit diesem $t$ die einzelnen Glieder der Reihe 7) bildete, bis deren absolute Grösse kleiner als $\frac{1}{50000}$ wurde. Die rechte Seite von 7) ergab so im Allgemeinen einen unechten Bruch für $A_0 - A$ und auch für die Zahl $A$ der verschobenen Interferenzstreifen z. B. $A = 47.93$; dann musste durch Interpolation zwischen den Zeiten, die für das Passiren des $47^{ten}$ und $48^{ten}$ Streifens notirt waren, der Zeitpunkt $t$ bestimmt werden, zu dem gerade 47.93 Streifen am Fadenkreuz vorbeigewandert waren und es lieferte schliesslich Gleichung 8) das gesuchte $k$. So wurden für verschiedene Zeiten aus den Beobachtungen mit dem untersten Gläserpaar die Werthe von $k$ berechnet; man brauchte dabei nie mehr als 4 Glieder der Reihe zu berücksichtigen. Würde man aber auf diese Art auch aus den Versuchen für das oberste und mittlere Fensterpaar die Werthe von $k$ abgeleitet haben, so hätte man, da $t$ hier theilweise recht klein ist, viele Glieder der Reihe benutzen müssen und wäre so zu langwierigen Rechnungen gezwungen gewesen. Desshalb wurde folgendes Verfahren angewandt, das schon Stefan [1]) bei Berechnung der Diffusionscoëfficienten von tropfbaren Flüssigkeiten eingeschlagen hat. So lange der Einfluss der unteren Begrenzung des Diffusionsgefässes auf die Beobachtungen nicht bemerklich wird, kann man den Kasten als nach unten unendlich ausgedehnt annehmen, dann ist man im Stande statt der Reihe ein Integra als Lösung der Differentialgleichung 5) anzugeben. Man hat nämlich in diesem Falle als Grenzbedingung:

$$p = 0 \quad \text{für} \quad x = 0,$$

als Anfangsbedingung:

$$p = p_0 \quad \text{für} \quad 0 < x < \infty.$$

[1]) l. c.

Geht man hier von der Lösung

$$p = \int_{u_1}^{u_2} \varphi(\alpha)\, e^{-\alpha^2 k t} \sin \alpha x \, d\alpha$$

aus, die der Grenzbedingung genügt und bei der $u_1$ und $u_2$ unbestimmte Grenzen bezeichnen, vergleicht den Werth von $p$ für $t = 0$ mit dem aus dem Fourier'schen Satze folgenden:

$$p = \frac{2}{\pi} \int_0^\infty \sin \alpha x \, d\alpha \int_0^\infty p_0 \sin \alpha \lambda \, d\lambda$$

so findet man als Lösung der Differentialgleichung 5):

$$p = \frac{2}{\pi} \int_0^\infty \int_0^\infty p_0\, e^{-\alpha^2 k t} \sin \alpha x \sin \alpha \lambda \, d\lambda \, d\alpha$$

oder

$$p = \frac{p_0}{\pi} \int_0^\infty d\lambda \int_0^\infty e^{-\alpha^2 k t} [\cos (x - \lambda)\alpha - \cos (x + \lambda)\alpha] \, d\alpha.$$

Es ist aber bekanntlich

$$\int_0^\infty e^{-b\alpha^2} \cos r\alpha \, d\alpha = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{\pi}{b}} \cdot e^{-\frac{r^2}{4b}}$$

also:

$$p = \frac{p_0}{2\sqrt{\pi k t}} \left[ \int_0^\infty e^{-\frac{(x-\lambda)^2}{4kt}} d\lambda - \int_0^\infty e^{-\frac{(x+\lambda)^2}{4kt}} d\lambda \right]$$

Setzen wir hier

$$\frac{x - \lambda}{2\sqrt{kt}} = -\gamma \quad \text{und} \quad \frac{x + \lambda}{2\sqrt{kt}} = \eta$$

in den einzelnen Integralen, so wird

$$p = \frac{p_0}{\sqrt{\pi}} \left\{ \int_{-\frac{x}{2\sqrt{kt}}}^\infty e^{-\gamma^2} d\gamma - \int_{\frac{x}{2\sqrt{kt}}}^\infty e^{-\eta^2} d\eta \right\}$$

also:

$$p = \frac{p_0}{\sqrt{\pi}} \int_{-\frac{x}{2\sqrt{kt}}}^{\frac{x}{2\sqrt{kt}}} e^{-\gamma^2} d\gamma = \frac{2p_0}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\frac{x}{2\sqrt{kt}}} e^{-\gamma^2} d\gamma$$

oder

$$9) \quad \frac{p}{p_0} = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\frac{x}{2\sqrt{kt}}} e^{-\gamma^2} d\gamma$$

Für die rechte Seite dieser Gleichung finden sich Tafeln z. B. bei Encke[1]), wenn ihr Werth nicht grösser als 0.995 ist und die obere Grenze $\frac{x}{2\sqrt{kt}}$ zwischen 0.00 und 2.00 variirt. In unserm Falle ist $\frac{p}{p_0}$ stets ein echter Bruch und sein Werth durch die Beobachtung gegeben, wir können desshalb aus den Tafeln den zugehörigen Werth $G$ der oberen Grenze entnehmen und aus ihm für einen beliebigen Zeitpunkt $t$ nach der Gleichung

$$\frac{x}{2\sqrt{kt}} = G$$

den Werth von $k$ berechnen. Auf diese Weise wurde $k$ aus allen Beobachtungen mit dem obersten Fensterpaar berechnet. Für die mittleren Fenster aber durfte dies Verfahren nur so lange befolgt werden, als sich nicht mehr wie etwa 43 Interferenzstreifen verschoben hatten, d. h. nur während der ersten 25 Minuten des Versuchs, für spätere Zeiten musste $k$ wieder durch Summirung der Glieder der Reihe 7) bestimmt werden. Ja während der ersten 15 Minuten des Versuches hat die untere Begrenzung des Kastens selbst auf den Diffusionsvorgang in dem Querschnitt, der nur 15 cm über dem Boden sich befindet, keinen merklichen Einfluss, und man könnte während dieser Zeit also den Diffusionscoëfficienten auch für das unterste Gläserpaar durch das Integral berechnen. In der folgenden kleinen Uebersicht sind für die drei benutzten Querschnitte für verschiedene Zeiten die Diffusionscoëfficienten angegeben, die einmal durch Summirung der Glieder der Reihe (man musste theilweise die ersten 6 Glieder benutzen) und dann mit Hülfe der Integraltafel gewonnen wurden. Die Uebereinstimmung resp. Verschiedenheit der zwei für gleiche Verhältnisse bestimmten Werthe von $k$ zeigt die Richtigkeit der obigen Behauptungen.

Für $x = 10.0^{cm}$.

| $t$ | $k$ | |
|---|---|---|
| min. sec. | durch die Reihe berechnet | durch das Integral berechnet |
| 5 40 | 0.15089 | 0.15084 |
| 16 58 | 0.14813 | 0.14811 |

[1]) Astronomisches Jahrbuch für 1834. Berlin 1832.

Für $x = 20.1^{cm}$.

| $t$ | | $k$ | |
|---|---|---|---|
| min. | sec. | durch die Reihe berechnet | durch das Integral berechnet |
| 14 | 0 | 0.15259 | 0.15262 |
| 22 | 31 | 0.15180 | 0.15183 |
| 28 | 9 | 0.15178 | 0.15201 |
| 33 | 6 | 0.15186 | 0.15260 |

Für $x = 35.2^{cm}$.

| $t$ | | $k$ | |
|---|---|---|---|
| min. | sec. | durch die Reihe berechnet | durch das Integral berechnet |
| 15 | 11 | 0.16080 | 0.16087 |
| 17 | 53 | 0.15972 | 0.16015 |
| 20 | 40 | 0.15903 | 0.16003 |

Schon hieraus geht hervor, dass der Diffusionscoëfficient nicht durchaus constant ist, denn wäre dies der Fall, so dürften die für spätere Zeiten aus der Reihe berechneten Werthe nicht erheblich von dem für frühere Momente aus dem Integrale abgeleiteten Werthe des Coëfficienten abweichen. Deutlicher zeigt die nachstehende Tabelle, wie sich der Diffusionscoëfficient bei unsern Versuchen mit der Zeit und mit dem Ort im Diffusionsgefässe änderte. $p_0$ und $\vartheta$ sind wieder der Barometerstand und die Temperatur, und $p$ ist der Partialdruck der Kohlensäure (in Bruchtheilen des Gesammtdrucks $p_0$), der in dem Zeitpunkt und an der Stelle des Diffusionsgefässes herrschte, für die der neben $p$ stehende Diffusionscoëfficient berechnet ist.

# Tabelle IV.

| $t$ | $k$ $x = 10.0^{cm}$ $p_0 = 756.6^{mm}$ $\vartheta = 16.8^0$ C. | $x = 20.1^{cm}$ $p_0 = 753.2^{mm}$ $\vartheta = 17.5^0$ C. | $x = 35.2^{cm}$ $p_0 = 751.6^{mm}$ $\vartheta = 19.0^0$ C. | $p$ |
|---|---|---|---|---|
| h min sec | | | | |
| 1 6.5 | 0.17900 | — | — | 0.95958 |
| 1 38.3 | 0.16685 | — | — | 0.91918 |
| 2 9 | 0.16140 | — | — | 0.87876 |
| 2 41.4 | 0.15817 | — | — | 0.83834 |
| 3 17.7 | 0.15539 | — | — | 0.79794 |
| 3 36 | — | 0.16201 | — | 0.98372 |
| 3 58.5 | 0.15345 | — | — | 0.75751 |
| 4 10 | — | 0.15961 | — | 0.97555 |
| 4 45 | 0.15199 | — | — | 0.71710 |
| 5 40 | 0.15084 | — | — | 0.67669 |
| 5 44 | — | 0.15689 | — | 0.94689 |
| 6 44 | 0.14985 | — | — | 0.63628 |
| 7 8 | — | 0.15543 | — | 0.91861 |
| 8 1 | 0.14939 | — | — | 0.59587 |
| 9 8 | — | 0.15421 | — | 0.87791 |
| 9 34 | 0.14890 | — | — | 0.55544 |
| 10 56 | 0.14855 | — | — | 0.52620 |
| | — | 0.15351 | — | 0.84330 |
| | — | — | 0.16399 | 0.98360 |
| 11 17 | — | 0.15314 | — | 0.83722 |
| 11 30 | 0.14848 | — | — | 0.51504 |
| 13 55 | 0.14838 | — | — | 0.47462 |
| | — | 0.15278 | — | 0.79176 |
| | — | — | 0.16143 | 0.96800 |
| 14 0 | — | 0.15262 | — | 0.79056 |
| 15 11 | 0.14842 | — | — | 0.45700 |
| | — | 0.15252 | — | 0.77208 |
| | — | — | 0.16080 | 0.96020 |
| 16 17 | — | 0.15245 | — | 0.75582 |
| 16 23 | 0.14796 | — | — | 0.44230 |
| 17 3 | 0.14816 | — | — | 0.43421 |
| 17 47 | 0.14813 | — | — | 0.42613 |
| 17 53 | — | — | 0.15972 | 0.94276 |
| 19 20 | — | 0.15226 | — | 0.71512 |
| 20 40 | — | — | 0.15903 | 0.92276 |
| 22 31 | — | 0.15180 | — | 0.67889 |
| 27 2 | — | — | 0.15805 | 0.87620 |
| 28 9 | — | 0.15178 | — | 0.62493 |
| 31 50 | — | — | 0.15790 | 0.84060 |
| 33 6 | — | 0.15186 | — | 0.58570 |
| 36 6 | — | — | 0.15780 | 0.80953 |
| 37 27 | — | 0.15212 | — | 0.55590 |
| 43 22 | — | — | 0.15763 | 0.75862 |
| 45 1 | — | 0.15186 | — | 0.51097 |
| 47 7 | — | — | 0.15770 | 0.73319 |
| 51 40 | — | — | 0.15751 | 0.70376 |

| $t$ | $k$ $x = 10.0^{cm}$ $p_0 = 756.6^{mm}$ $\vartheta = 16.8^0$ C. | $x = 20.1^{cm}$ $p_0 = 753.2^{mm}$ $\vartheta = 17.5^0$ C. | $x = 35.2^{cm}$ $p_0 = 751.6^{mm}$ $\vartheta = 19.0^0$ C. | $p$ |
|---|---|---|---|---|
| h min sec | | | | |
| 57 5 | — | — | 0.15757 | 0.66965 |
| 1 7 48 | — | — | 0.15754 | 0.60700 |
| 14 44 | — | — | 0.15771 | 0.56912 |
| 18 32 | — | — | 0.15769 | 0.54952 |
| 25 15 | — | — | 0.15785 | 0.51616 |

Da die Beobachtungen für die drei Querschnitte nicht ganz unter denselben Verhältnissen erfolgten, so muss man die Werthe von $k$, um sie unter einander vergleichbar zu machen, noch auf gleichen Druck und gleiche Temperatur reduciren. Bekanntlich sind nun die Diffusionscoëfficienten umgekehrt proportional dem Gesammtdruck $p_0$ im Diffusionsgefäss und annähernd direct proportional dem Quadrat der absoluten Temperatur, oder genauer, nach neuen Versuchen von von Obermayer[1]), proportional der Potenz 1.968 der absoluten Temperatur. Reduciren wir also die $k$ für den obersten und mittleren Querschnitt auf den Druck und die Temperatur, die bei den Beobachtungen für den untersten Querschnitt herrschten, nach der Formel:

$$k = k' \frac{b'}{b} \left(\frac{\theta}{\theta'}\right)^{1.968}$$

wo $b$ den Druck, $\theta$ die absolute Temperatur bedeutet, und nehmen als Nullpunkt von $\theta$ die Temperatur $-273^0$ C. an, so erhalten wir folgende Tabelle:

## Tabelle V.

$p_0 = 751.6^{mm}$; $\vartheta = 19.0^0$ C.

| $t$ | $x = 10.0^{cm}$ $k$ | $p$ | $x = 20.1^{cm}$ $k$ | $p$ | $x = 35.2^{cm}$ $k$ | $p$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| h min sec | | | | | | |
| 1 38.3 | 0.17047 | 0.919 | — | — | — | — |
| 3 17.7 | 0.15876 | 0.780 | — | — | — | — |
| 3 36 | — | — | 0.16401 | 0.984 | — | — |
| 5 40 | 0.15411 | 0.677 | — | — | — | — |

[1]) l. c.

| $t$ | $x = 10.0^{cm}$ | | $x = 20.1^{cm}$ | | $x = 35.2^{cm}$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $k$ | $p$ | $k$ | $p$ | $k$ | $p$ |
| h min sec | | | | | | |
| 7 8 | — | — | 0.15734 | 0.919 | — | — |
| 9 34 | 0.15213 | 0.555 | — | — | — | — |
| 10 56 | — | — | — | — | 0.16399 | 0.984 |
| 14 0 | — | — | 0.15450 | 0.791 | — | — |
| 17 3 | 0.15137 | 0.434 | — | — | — | — |
| 20 40 | — | — | — | — | 0.15903 | 0.923 |
| 22 31 | — | — | 0.15367 | 0.679 | — | — |
| 36 6 | — | — | — | — | 0.15780 | 0.810 |
| 37 27 | — | — | 0 15399 | 0.556 | — | — |
| 57 5 | — | — | — | — | 0.15757 | 0.670 |
| 1 18 32 | — | — | — | — | 0.15769 | 0.550 |

Genauer zeigt Figur 5, wie sich der Diffusionscoëfficient mit dem Partialdruck der Kohlensäure bei $751.6^{mm}$ Druck und $19.0^0$ C. ändert. Die Curven I, II, III beziehen sich wieder auf den obersten, mittleren und untersten der drei beobachteten Querschnitte.

Aus den letzten Tabellen ist zu ersehen, dass sich die $k$ für jeden Querschnitt mit wachsender Zeit einem bestimmten Grenzwerthe nähern, der um so grösser ist, je weiter die Schicht, der er angehört, von der Mündung des Kastens entfernt liegt. Nimmt man für den obersten Querschnitt das Mittel aus den 3 letzten berechneten Werthen von $k$ in Tabelle IV, für den mittleren resp. unteren Querschnitt aber das Mittel aus den 6 resp. 9 letzten für $k$ angegebenen Zahlen, so erhält man, wieder auf $751.6^{mm}$ und $19^0$ C. bezogen:

Für $x_1 = 10.0^{cm}$ ist $k_1 = 0.15129$
» $x_2 = 20.1$ » » $k_2 = 0.15382$
» $x_3 = 35.2$ » » $k_3 = 0.15767.$

Diese Werthe von $k$ lassen sich als lineare Functionen von $x$ darstellen, indem wir setzen:

$$10) \quad k = k_0 + a\,x$$

wo $k_0$ und $a$ Constante sind. Denn berechnet man aus den 2 Gleichungen

$$k_1 = k_0 + a\,x_1$$

und

$$k_3 = k_0 + a\,x_3$$

die Werthe von $k_0$ und $a$, so erhält man

$$k_0 = 0.14876 \quad \text{und} \quad a = 0.000253.$$

Setzt man diese Grössen in

$$k_2 = k_0 + a\, x_2$$

ein, wo $x_2 = 20.1^{cm}$ ist, so ergiebt sich $k_2 = 0.15384$ statt des beobachteten $k_2 = 0.15382$. $k_0$ wäre der Werth, dem sich $k$ mit der Zeit an der Mündung des Kastens näherte.

Kurz nachdem die einzelnen Gasschichten begonnen haben an der Diffusion Theil zu nehmen und der Druck der Kohlensäure in ihnen noch nicht um 2 Hundertstel abgenommen hat, stimmen nach Tabelle V die Diffusionscoëfficienten für Tiefen von $20^{cm}$ und $35^{cm}$ völlig überein, dagegen hat $k$ für $10^{cm}$ Tiefe in den ersten zwei Minuten einen beträchtlich grössern Werth. Nun sind diese $k$ nach der Formel $k = \frac{x^2}{4\, G^2\, t}$ berechnet, wo $G$, wie angeführt, der aus den Tafeln entnommene Werth der oberen Grenze des Integrals 9) ist. $t$ ist kleiner als 2 Minuten, und es werden also geringe Fehler in der Zeitbestimmung schon erhebliche Aenderungen von $k$ bewirken; desshalb sind die ersten Zahlen für $k$ bei dem obersten Querschnitt nur annähernd richtig. Ferner aber wird die Abnahme des Deckels von dem Kasten immer etwas Unruhe in den oberen Gasschichten bewirken und dadurch eine schnellere Mischung mit der äussern Luft, also eine Vergrösserung von $k$, hervorrufen, desshalb ist vielleicht die Annahme erlaubt, dass der Diffusionscoëfficient bei Beginn des Versuchs für alle Schichten des Gefässes denselben Werth $K$ hat. Dann würde die gesammte Aenderung des Coëfficienten mit der Zeit sich für einen Querschnitt $x$, als nur abhängig von $x$, und zwar als:

$$\int_0^T \frac{d\,k}{d\,t}\, dt = K - k_0 - a\, x$$

ergeben, wenn $T$ die Dauer des Versuchs bedeutet, die so gross angenommen wird, dass die Diffusionscoëfficienten aller Schichten schon ihren constanten Grenzwerth erreicht haben. Kennte man den Werth von $K$ und die Zeit, welche verfliesst, bis $k$ in den einzelnen Querschnitten seinen Grenzwerth erreicht, so würde man im Stande sein, für eine beliebige Versuchsdauer den mittleren Werth des Diffusionscoëfficienten zu berechnen.

Als einen solchen mittleren Werth von $k$ hat Loschmidt auf $760^{mm}$ Druck und $0^0$ C. reducirt gefunden

$$k = 0.05123 \frac{\square \text{ Meter}}{\text{Stunde}}$$

und nach von Obermayer's Versuchen ist bei demselben Druck und derselben Temperatur

$$k = 0.04857 \frac{\square \text{ Meter}}{\text{Stunde}}.$$

Rechnen wir diese Werthe in unsere Dimensionen um, so wird nach

$$\text{Loschmidt: } k = 0.14226 \frac{\square \text{ Centimeter}}{\text{Secunde}}$$

$$\text{von Obermayer: } k = 0.13491 \frac{\square \text{ Centimeter}}{\text{Secunde}},$$

während unsere Beobachtungen für denselben Normalzustand liefern:

$k_0 = 0.12887$; $k_1 = 0.13107$; $k_2 = 0.13326$; $k_3 = 0.13660$.

Wie man sieht, ist der von Loschmidt gefundene Werth grösser als irgend einer der von uns erhaltenen, er würde nach Gleichung 10) berechnet einer Tiefe von $56^1/_2{}^{cm}$ entsprechen. Dagegen fällt die von v. Obermayer gegebene Zahl zwischen unsere Werthe $k_2$ und $k_3$ und würde zu dem Querschnitt $27.5^{cm}$ unter der Mündung gehören. Ueberhaupt sind die für verschiedene Gase von Loschmidt gefundenen Werthe der Diffusionscoëfficienten sämmtlich grösser als die von v. Obermayer erhaltenen. Beide haben ganz ähnliche Apparate benutzt und nach derselben von Stefan gegebenen Formel ihre Beobachtungen berechnet. Während aber das Diffusionsrohr von Loschmidt $2.6^{cm}$ Durchmesser und $97.5^{cm}$ Länge hatte, betrugen bei v. Obermayer diese Dimensionen nur $1.3^{cm}$ und $86.6^{cm}$. Wir sahen nun, dass die Grösse des Diffusionscoëfficienten mit der Tiefe des Gefässes zunimmt, desshalb können wir wohl zum Theil die grösseren Werthe Loschmidt's daraus erklären, dass bei seinen Versuchen auch Gasschichten zur Diffusion beitrugen, die tiefer unter der Mündung der unteren Rohrhälfte lagen als bei v. Obermayer und diese Schichten eben grössere Diffusionscoëfficienten hatten als die höher gelegenen. Dadurch musste dann der von beiden Beobachtern bestimmte mittlere Werth des Coëfficienten bei Loschmidt grösser ausfallen als bei v. Obermayer. Die Diffusionszeit bei beiden Experimentatoren betrug meistens eine Stunde, würde

man nun annehmen, dass in dieser Zeit die Diffusionscoëfficienten für die einzelnen Schichten schon lange ihre constanten, durch 10) bestimmten Grenzwerthe erreicht hätten, dann dürften die gefundenen mittleren Werthe nur wenig grösser sein als die aus 10) für die gegebene Tiefe der Gefässe berechneten Mittelwerthe. Wie die Zahlen für $k_1$, $k_2$, $k_3$ bei 760$^{mm}$ und 0$^0$ C. ergeben, ist unter diesen Verhältnissen $a = 0.000220$. Berechnet man hiermit und mit der oben für $k_0$ gegebenen Zahl den Mittelwerth von $k$ bei einer Tiefe des Gefässes von 43.3$^{cm}$ resp. 48.8$^{cm}$, wie sie v. Obermayer resp. Loschmidt anwandten, so erhält man

$$k_m = 0.13363 \text{ resp. } k_m = 0.13424.$$

Die erste Zahl ist in der That nicht viel kleiner als v. Obermayer's $k = 0.13492$, während das zweite $k_m$ weit hinter dem von Loschmidt gegebenen $k = 0.14226$ zurückbleibt. Daraus geht hervor, dass die oben versuchte Erklärung der Verschiedenheit zwischen Loschmidt's und v. Obermayer's Resultaten allein nicht ausreicht.

Wenn wir noch unsre Beohachtungen mit den theoretischen Formeln vergleichen, die für den Diffusionscoëfficienten aufgestellt worden sind, so ist aus dem Obigen klar, dass eine Gleichung, die den Coëfficienten als eine constante Grösse definirt, den Versuchen nicht entspricht. Desshalb brauchen wir nicht näher auf die von Maxwell [1]) unter der Annahme, dass die Gasmolekeln einander mit Kräften abstossen, die umgekehrt proportional der 5. Potenz ihrer Entfernung wirken, für den Diffusionscoëfficienten $k$ aufgestellte Formel einzugehen. Denn diese Gleichung, welche lautet:

$$k = \frac{p_1 p_2}{\varrho_1 \varrho_2 k A_1} \cdot \frac{1}{p},$$

wo $p$ der Gesammtdruck, $p_1$, $p_2$, resp. $\varrho_1$, $\varrho_2$ die Partialdrucke resp. Dichtigkeiten der zwei diffundirenden Gase, $k$ und $A_1$ aber constante Factoren sind, liefert einen constanten Werth für $k$.

Eine von Stefan [2]) für diesen Coëfficienten gefundene Formel stimmt, wie Boltzmann [3]) gezeigt hat, bis auf einen

---

[1]) l. c.

[2]) Sitzungsberichte der Wiener Akademie 1872, Bd. 65, S. 323.

[3]) Sitzungsberichte der Wiener Akademie 1880, Bd. 81, S. 117.

unbedeutenden Unterschied in dem numerischen Factor mit der Maxwell'schen überein; es bleibt also nur noch die von O. E. Meyer[1]) gegebene Formel zur Vergleichung übrig. Diese Formel lautet (nach Verbesserung eines Druckfehlers):

$$11) \quad k = \frac{\pi}{8N}\left(\frac{N_2 \Omega_1^2}{C_1} + \frac{N_1 \Omega_2^2}{C_2}\right).$$

Hier bedeutet $N$ die während des Versuchs constante Zahl aller in dem Querschnitt des Diffusionsgefässes vorhandenen Molekeln; $N_1$ und $N_2$ bezeichnen die in demselben Querschnitt zur Zeit $t$ befindliche Anzahl von Molekeln der ersten und der zweiten Gasart, so dass während des Versuchs

$$N_1 + N_2 = N.$$

$\Omega_1$ und $\Omega_2$ sind die nach dem Maxwell'schen Gesetz der Geschwindigkeitsvertheilung unter Gasmolekeln berechneten arithmetischen Mittelwerthe der Geschwindigkeiten für die zwei diffundirenden Gase bei dem Druck und der Temperatur des Versuchs, und $C_1$ und $C_2$ sind definirt durch die Gleichungen:

$$C_1 = N_1 \pi s_1^2 \Omega_1 \sqrt{2} + N_2 \pi \sigma^2 \sqrt{\Omega_1^2 + \Omega_2^2},$$
$$C_2 = N_2 \pi s_2^2 \Omega_2 \sqrt{2} + N_1 \pi \sigma^2 \sqrt{\Omega_1^2 + \Omega_2^2},$$

in denen $s_1$ die mittlere Entfernung der Schwerpunkte zweier Molekeln der ersten Art bei einem Zusammenstoss, $s_2$ dieselbe Grösse für Molekeln der zweiten Art und $\sigma$ diese mittlere Entfernung bei einem Zusammenstoss einer Molekel der ersten Art mit einer Molekel der zweiten Art bezeichnet. Macht man nun die Annahme, dass

$$\sigma = \tfrac{1}{2}(s_1 + s_2)$$

so ist,[2]) wenn $L_1$ und $L_2$ die mittleren Weglängen der Molekeln der zwei Gasarten bedeuten,

$$N \pi s_1^2 \sqrt{2} = \frac{1}{L_1} \quad \text{und} \quad N \pi s_2^2 \sqrt{2} = \frac{1}{L_2}$$

und

$$N \,.\, \pi \,.\, \sigma^2 = \frac{1}{4\sqrt{2}}\left(\frac{1}{\sqrt{L_1}} + \frac{1}{\sqrt{L_2}}\right)^2.$$

Die Grössen $\Omega$ und $L$ sind durch Reibungsversuche bekannt und wir könnten also, wenn wir $\frac{N_1}{N}$ und $\frac{N_2}{N}$ aus unseren

---

[1]) l. c. S. 173.

[2]) Vergl. O. E. Meyer l. c. S. 177.

Beobachtungen entnehmen, für einen bestimmten Augenblick und Querschnitt nach 11) den Diffusionscoëfficienten berechnen. Ehe wir das thun, wollen wir 11) umformen, so dass der Coëfficient $k$ als eine Function des Partialdruckes der Kohlensäure dargestellt ist. Die Grössen mit dem Index 1 mögen sich auf Kohlensäure, die mit dem Index 2 auf Luft beziehen, und wir wollen $N - N_1$ statt $N_2$ in 11) einführen. Dann wird bei Benutzung der Werthe $L_1$ und $L_2$

$$C_1 = \frac{N_1}{N}\left\{\frac{\Omega_1}{L_1} - \frac{1}{4\sqrt{2}}\sqrt{\Omega_1^2 + \Omega_2^2}\left(\frac{1}{\sqrt{L_1}} + \frac{1}{\sqrt{L_2}}\right)^2\right\}$$
$$+ \frac{1}{4\sqrt{2}}\sqrt{\Omega_1^2 + \Omega_2^2}\left(\frac{1}{\sqrt{L_1}} + \frac{1}{\sqrt{L_2}}\right)^2$$

$$C_2 = \frac{N_1}{N}\left\{\frac{1}{4\sqrt{2}}\sqrt{\Omega_1^2 + \Omega_2^2}\left(\frac{1}{\sqrt{L_1}} + \frac{1}{\sqrt{L_2}}\right)^2 - \frac{\Omega_2}{L_2}\right\} + \frac{\Omega_2}{L_2}$$

d. h.

$$C_1 = b_1 + c_1 \frac{N_1}{N}$$

$$C_2 = b_2 + c_2 \frac{N_1}{N},$$

wo wir den Werth der Constanten $b_1$, $c_1$, $b_2$, $c_2$ aus folgenden Versuchsdaten gewinnen.

Nach O. E. Meyer ist:

$$L_1 = 0.0000068^{cm}; \quad L_2 = 0.0000095^{cm},$$

ferner für $0^0$ C.:

$$\Omega_1 = 36100^{cm}; \quad \Omega_2 = 44700^{cm}.$$

Rechnen wir die zwei letzten Grössen nach der Formel

$$\Omega_\vartheta = \Omega_0(1 + \gamma\vartheta)$$

auf $19^0$ C. um, so werden

$$\Omega_1 = 38617^{cm}; \quad \Omega_2 = 47817^{cm},$$

folglich:

$$C_1 = 54453 \,.\, 10^5 + 2337 \,.\, 10^5 \,.\, \frac{N_1}{N},$$

$$C_2 = 50333 \,.\, 10^5 + 4120 \,.\, 10^5 \,.\, \frac{N_1}{N}$$

und also:

$$k = \frac{\pi}{8}\left\{\frac{\left(1 - \frac{N_1}{N}\right) 14913}{54453 + 2337\frac{N_1}{N}} + \frac{\frac{N_1}{N} \,.\, 22864}{50333 + 4120\frac{N_1}{N}}\right\}.$$